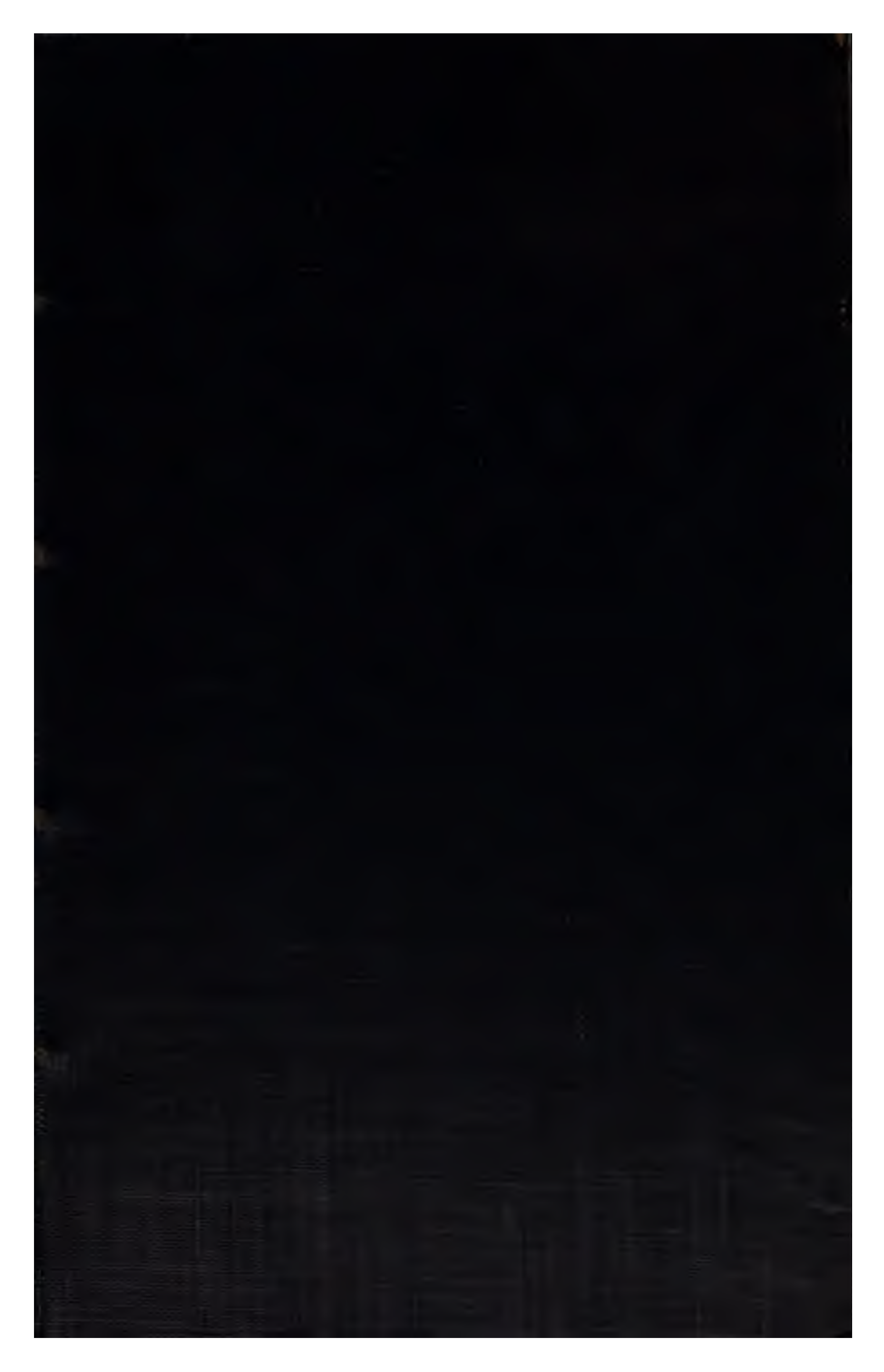
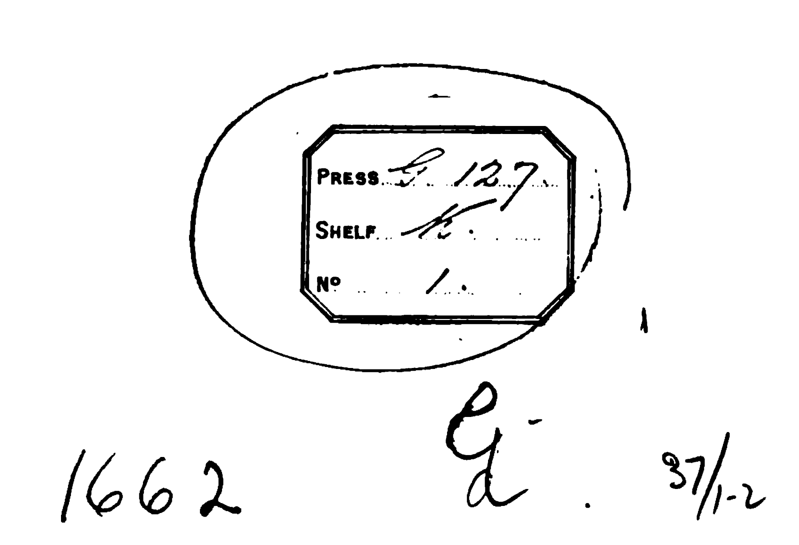
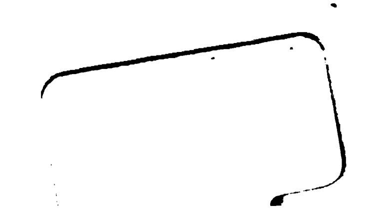
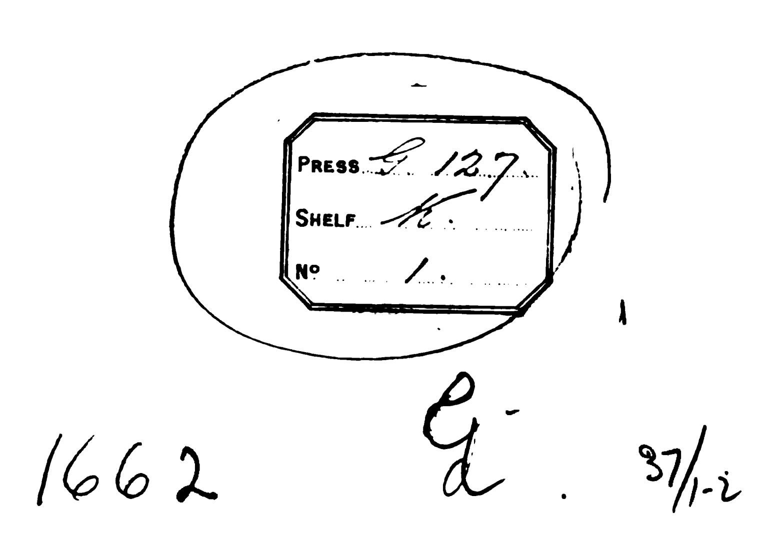





PRESS G. 127
SHELF K.
No 1.




600020086M


PRESS G. 127
SHELF K.
Nº 1.







VORLESUNGEN

ÜBER

PHYSIOLOGIE

VON

ERNST BRÜCKE.

UNTER DESSEN AUFSICHT NACH STENOGRAPHISCHEN AUFZEICHNUNGEN HERAUSGEGEBEN.

ERSTER BAND.

PHYSIOLOGIE DES KREISLAUFS, DER ERNÄHRUNG, DER ABSONDERUNG, DER RESPIRATION UND DER BEWEGUNGSERSCHEINUNGEN

ZWEITE VERMEHRTE UND VERBESSERTE AUFLAGE.

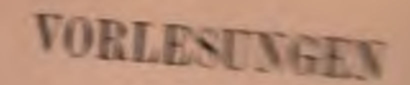
MIT 80 HOLZSCHNITTEN.

WIEN, 1875.

WILHELM BRAUMÜLLER

K. K. HOF- UND UNIVERSITÄTSBUCHHÄNDLER.





VORLESUNGEN

PHYSIOLOGIE

ERNST BRÜCKE

UNTER DESSEN AUFSICHT NACH

AUFZEICHNUNGEN

ERSTER BAND

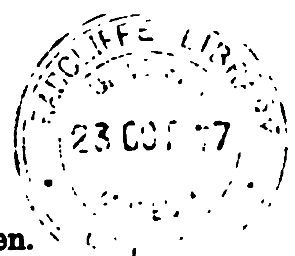
PHYSIOLOGIE DES KREISLAUFS, DER ERNÄHRUNG, DER RESPIRATION
UND DER

ZWEITE VERMEHRTE AUFLAGE.

MIT

INHALT.

Seite



Die Organismen.

Die Physiologie ist die Lehre von den Organismen. Sie ist die Lehre von den Organismen als Organismen, die Lehre von den Organismen insoferne sie Organismen sind, sie ist die Theorie der Organismen.

Als Organismen bezeichnen wir die lebenden Wesen, die Thiere und die Pflanzen. Sie sind materielle Ganze, die sich in Thätigkeit befinden, und man hat wiederholt die Frage vorgelegt, wodurch sie sich von leblosen materiellen Ganzen, die sich in Thätigkeit befinden, von den Maschinen, welche wir künstlich bauen und in Thätigkeit setzen, unterscheiden.

Thatsächlich sind wir bei dem einzelnen Objecte niemals in Verlegenheit einen Organismus von einem Mechanismus zu unterscheiden. Niemand ist in Verlegenheit einen lebenden Menschen von einem noch so künstlichen Automaten zu unterscheiden, und Vaucanson's fressende und verdauende Ente ist von Niemandem für eine wirkliche Ente gehalten worden. Aber es fragt sich, was ist denn unter den verschiedenen Eigenschaften der Organismen diejenige, die sie am vollständigsten von den Mechanismen abgrenzt.

Man hat als ein solches Kriterium angenommen, dass die Organismen aus einem inneren Grunde thätig seien, während die Mechanismen nur per accidens thätig seien. Mit andern Worten, ein Organismus ist an und für sich in Thätigkeit ohne weiteres Zuthun, aber eine Dampfmaschine muss geheizt werden, damit sie in Thätigkeit komme, eine Uhr muss aufgezogen werden u. s. w. Bei näherer Betrachtung zeigt es sich aber, dass dieses Kriterium nicht haltbar ist: denn auch Organismen müssen geheizt werden, das heisst, die Thiere müssen Nahrung zu sich nehmen, damit ihr Organismus in Thätigkeit erhalten werde, und wir werden später sehen, dass die Nahrung bei den Thieren eine ganz analoge Rolle spielt, wie die Kohlen, mit denen geheizt wird, bei den Dampfmaschinen.

Man hat ferner gesagt, für einen Organismus ist die Thätigkeit wesentlich, für einen Mechanismus aber unwesentlich; wenn die Thätigkeit eines Organismus aufhört, so geht er auch zu Grunde, er zerfällt, dagegen bleibt eine Uhr noch immer eine Uhr, wenn sie auch Jahre lang nicht aufgezogen wurde, und eine Dampfmaschine bleibt immer eine Dampfmaschine, wenn sie auch Jahre lang nicht geheizt wird.

Auch dieses Kriterium ist nicht haltbar, indem man Organismen kennen gelernt hat, deren Thätigkeit sistirt werden kann, ohne dass sie deswegen zu Grunde gehen. Kleine Thierchen, Rotatorien und Tardigraden, können vollständig ausgetrocknet werden, können als leblose Stäubchen viel länger als an und für sich ihre Lebensdauer ist, aufbewahrt werden und, wenn sie nachher wieder befeuchtet werden, erwachen sie zu neuer Lebensthätigkeit und schwimmen wieder ganz munter im Wasser umher.

Ebensowenig kann man das Fortpflanzungsvermögen als ein Kriterium ansehen. Es ist zwar richtig, dass die Organismen sich fortpflanzen, und dass die Mechanismen sich niemals fortpflanzen, aber von einem Kriterium, welches die beiden Abtheilungen von einander trennt, verlangen wir, dass es auf alle Organismen und auf jeden einzelnen Organismus anwendbar sei, und das ist mit der Fortpflanzungsfähigkeit nicht der Fall. Ein Organismus kann seine Fortpflanzungsfähigkeit verlieren, ohne dass er darum aufhört ein Organismus zu sein. Ja, nicht allein einzelne Individuen, sondern ganze bestimmte Reihen von Individuen werden niemals fortpflanzungsfähig, wie dies bekannt ist von den verkrüppelten Weibchen, den sogenannten Arbeiterinnen, bei den Bienen, von den Soldaten bei den Ameisen u. s. w.

Vielleicht mit mehr Glück hat man als Kriterium aufzustellen versucht, dass jeder Organismus von Seinesgleichen erzeugt sein, oder doch von Seinesgleichen abstammen muss. Das ist ein Kriterium, das allerdings auf alle jetzt existirenden Organismen passt. Das ist aber nicht genug. Das Kriterium, welches wir suchen, soll auf alle Organismen passen, nicht nur auf diejenigen, die jetzt existiren, sondern auch auf alle, die existiren werden, und auf alle, die existirt haben. Auf diese letzteren aber können wir dieses Kriterium nicht anwenden, denn wir würden dadurch zu dem Schlusse gelangen, dass alle Arten von Organismen, die jetzt existiren, auch von Ewigkeit her existirt hätten, eine Annahme, welche aller Erfahrung widerspricht, und zu welcher keine der Schöpfungstheorien von den ältesten bis auf die neuesten gelangt ist.

Man sieht also, dass es nicht so leicht ist, die Organismen principiell von den Mechanismen zu trennen, wie man auf den ersten Anblick geglaubt hat. Nichtsdestoweniger existirt ein Unterschied, durch den sie vollkommen von einander geschieden sind. Die Organismen haben ein Vermögen, welches den Mechanismen gänzlich abgeht, sie haben das Vermögen, fremde Substanzen in sich aufzunehmen und in ihre eigene Substanz umzuwandeln und auf Kosten dieser so erworbenen Substanzen zuzunehmen, zu wachsen. Dieses Vermögen nennt man das Assimilationsvermögen. Es kommt jedem Organismus zu, solange er eben ein Organismus ist, und es muss jedem Organismus zukommen, weil darauf das ganze organische Leben beruht. Der Werth dieses Kriteriums wird sich auch noch besonders zeigen, wenn wir die Thiere und Pflanzen mit einander vergleichen, und die Thiere und Pflanzen von einander abzugrenzen suchen. Es wird sich dann zeigen, dass in diesen beiden grossen Abtheilungen der Assimilationsprocess in wesentlich verschiedener Weise von statten geht, und dies eben wiederum das einzige Kriterium abgibt, um Thiere und Pflanzen von einander zu trennen.

Die Materie.

Ehe wir hiezu übergehen, müssen wir uns noch einigen über die Vorstellungen, welche wir uns von der Materie machen, und über die Kräfte, die wir uns als in derselben wirksam denken. Descartes stellte als den Grundpfeiler seiner Philosophie, als das einzige unbestreitbare Axiom den Satz auf: Cogito, ergo sum, ich denke und deshalb muss ich existiren. Dasjenige aber, was in uns denkt, das Ich, das fühlen wir fortwährend verändert, und es geht in unsere Vorstellung nicht hinein, dass für diese Veränderungen keine äussere Ursachen vorhanden sein sollen. Die Aussendinge, die unser Ich verändern, bezeichnen wir, insofern sie ausgedehnt sind, mit dem Namen der Materie.

Es entsteht nun weiter die Frage, ob wir uns diese Materie vorstellen sollen als ein Continuum, als ein einheitliches Ganzes, oder ob wir uns dieselbe vorstellen sollen als zusammengesetzt aus einer grossen Menge von sehr kleinen Theilen. Durch das physikalische Studium der Körper haben wir eine Reihe von Eigenschaften an denselben kennen gelernt, welche ihnen gemeinsam zukommen, und aus welchen wir deshalb gewissermassen die Diagnose der körperlichen Dinge gemacht haben. Unter diesen Eigenschaften ist auch die Theilbarkeit. Wir können einen Körper in immer kleinere und kleinere Theile zerlegen, ohne dass sich von vorne herein sagen liesse, wo sich denn die Grenze dafür findet. Wir wissen aber weiter, dass ein Körper sich in der Wärme ausdehnt, ohne dass etwas zu ihm hinzukommt, und dass er in der Kälte einen kleineren Raum einnimmt, ohne dass etwas von ihm weggegangen ist. Nun geht es aber in unser Vorstellungsvermögen nicht hinein, dass ein continuirliches, einheitliches Ganzes sich verkleinern könnte, ohne dass etwas von ihm hinweggeht, oder dass es sich vergrössern könnte, ohne dass etwas hinzukommt. Wohl aber geht es in unser Vorstellungsvermögen hinein, dass ein Körper zusammengesetzt sein könne aus einer grossen Menge von kleinen Theilchen, die sich das eine Mal an einander annähern, so dass der ganze Körper kleiner wird, und das andere Mal sich von einander entfernen können, so dass der ganze Körper grösser wird. Dies ist der Ausgangspunkt für die Atomtheorie. Ursprünglich werden also diejenigen Theile als die Atome des Körpers bezeichnet, welche an und für sich eine constante Grösse haben, welche aber die Grösse des ganzen Körpers dadurch verändern, dass sie sich einmal an einander annähern und das andere Mal weiter von einander entfernen.

Man hat der Atomtheorie vorgeworfen, dass sie in sich einen Widerspruch enthalte, denn der Name Atom rühre her von τέμνειν schneiden und dem α privativum. Atom bezeichne also ein Theilchen, das nicht mehr getheilt werden könne, während man doch in der Idee mit dem Theilen niemals zu Ende komme und nur durch äussere Schwierigkeiten an dem weiteren Theilen gehindert sei. — Das Wort Atom wird aber in diesem etymologischen Sinne gar nicht mehr gebraucht, sondern wir bezeichnen mit dem Namen Atom nur solche Theilchen, welche ihre Grösse nicht mehr verändern, die nur die Grösse anderer Theilchen, der sogenannten Moleküle oder Partikel, oder des Ganzen verändern, dadurch

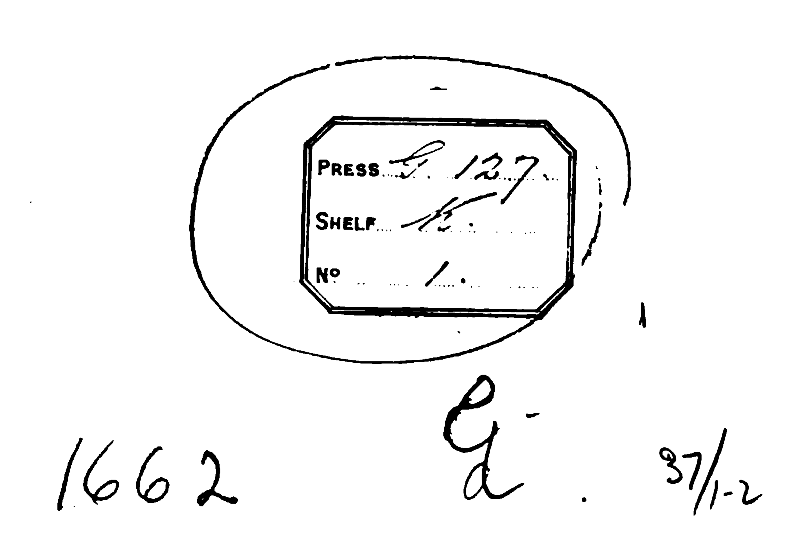
dass sie sich weiter von einander entfernen oder dass sie sich mehr an einander annähern.

Für die jetzige Nomenclatur ist der Grund von Ampère gelegt worden. Ampère unterschied zwischen Partikeln, Molekülen und Atomen. Er sagt: Partikel ist ein Theilchen eines Körpers, in welchem noch der Aggregatzustand des Körpers repräsentirt ist, der also an einem starren Körper noch starr, an einem tropfbarflüssigen noch tropfbarflüssig, an einem gasförmigen noch gasförmig ist. Dieses Partikel ist wiederum aus Molekülen zusammengesetzt. Die einzelnen Moleküle repräsentiren aber nicht mehr den Aggregatzustand, sondern man hat sie sich ausnahmslos als starr vorzustellen, das heisst, man hat sich vorzustellen, dass die Theilchen des Moleküls, soweit sie sich bewegen, sich um fixe Gleichgewichtslagen bewegen. Diese Moleküle setzen sowohl die starren Körper als auch die tropfbarflüssigen und die gasförmigen zusammen. Sie setzen starre Körper zusammen, wenn sie so mit einander verbunden sind, dass sie gleichfalls ihre Bewegungen nur um fixe Gleichgewichtslagen ausführen. Sie constituiren tropfbarflüssige Körper, wenn sie so unter einander verbunden sind, dass sie sich um veränderliche und zwar schon durch die Schwere der Massen selbst veränderliche Gleichgewichtslagen bewegen, und endlich constituiren sie gasförmige Körper, wenn sie nach allen Richtungen auseinanderstieben oder doch nach allen Richtungen auseinanderzustieben suchen.

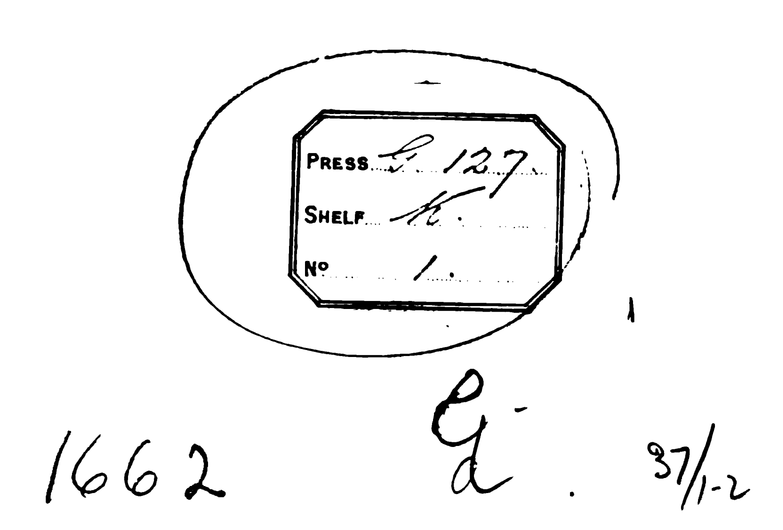
Dieses Auseinanderstieben der Moleküle stellt man sich heutzutage etwas anders vor als früher. Man unterscheidet unter den Atomen zweierlei Arten von Atomen, sogenannte materielle oder ponderable Atome und Aetheratome, das heisst, Atome, welche auf die Wage drücken und Atome, welche nicht auf die Wage drücken. Die ponderablen Atome ziehen sich unter einander an und die Aetheratome werden von den Körperatomen angezogen, aber sie stossen sich unter einander ab. Man sieht leicht ein, dass bei diesem Verhältnisse jedes ponderable Atom um sich eine Hülle von Aetheratomen erhalten muss, die sich unter einander abstossen, aber von dem Körperatome angezogen werden. Wenn deshalb die Körperatome sich bis zu einem gewissen Grade einander genähert haben, überwiegt die Abstossung, sie können sich nun nicht mehr weiter an einander annähern, sie können deshalb niemals zusammenfallen, sondern die ganze Materie ist zu denken als aus Atomen zusammengesetzt, die gruppenweise angeordnet und durch gewisse, bald grössere, bald geringere Entfernungen von einander getrennt sind.

Nun sagte man früher von den gasförmigen Körpern einfach, es überwiege bei ihnen die Abstossung und in Folge dessen suchten die einzelnen Moleküle auseinanderzustieben: heutzutage, seit eben die mechanische Wärmetheorie ausgebildet ist, seit man weiss, dass die Wärme eine Bewegungserscheinung ist, sagt man, die Körper sind gasförmig, wenn ihre Moleküle durch eine translatorische Geschwindigkeit fortgetrieben, fortgeschleudert werden. Die Theilchen der tropfbaren Flüssigkeiten stellt man sich zwar ebenso, wie die der gasförmigen in Bewegung vor, und in um so grösserer Bewegung, je mehr Wärme sie aufgenommen haben, aber man stellt sich nicht vor, dass sie auseinanderstieben, sondern man stellt sich eine solche Flüssigkeit eher vor, wie ein berühmter Physiker einmal sagte, wie einen Haufen Würmer, die durcheinanderkriechen. An der

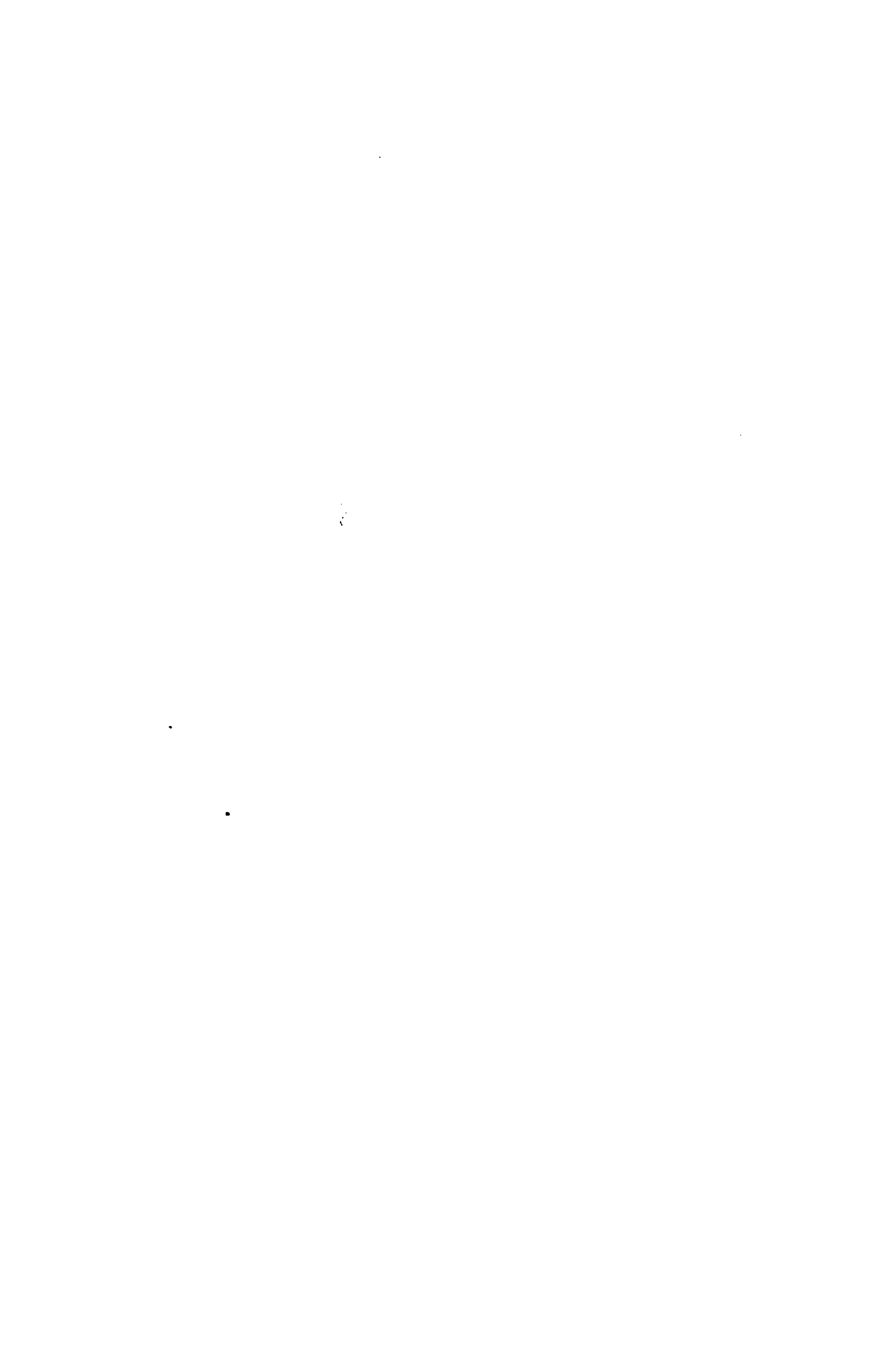



PRESS G. 127
SHELF K.
Nº 1.









ciplinen der Physik durchführte, es auf Electricität, Magnetismus, Wärmelehre anwendete und die physikalischen Erscheinungen nach diesem Grundprincipe erklärte.

Ich habe gesagt, dass alle Naturerscheinungen auf Bewegungserscheinungen zurückzuführen sind, indem nur Bewegungserscheinungen, nur Bewegungen als solche, wiederum Bewegungen in unserem Nervensysteme hervorbringen und auf diesem Wege Vorstellungen erzeugen. Wir haben schon gesehen, dass die Wärme eine Bewegungserscheinung ist; aber in der Physik haben wir ausser der Wärmelehre noch eine Lehre vom Lichte, von der Electricität, vom Magnetismus u. s. w., wir müssen deshalb sehen, ob auch die Erscheinungen des Lichtes, der Electricität, des Magnetismus und Diamagnetismus, alle als Bewegungserscheinungen aufzufassen sind.

Das Licht.

Machen wir den Anfang mit dem Lichte, so finden wir, dass hier schon zur Zeit Newtons zweierlei Ansichten existirten. Die eine war die sogenannte Emanationshypothese, der Newton selbst anhing, und nach welcher das Licht ein feine Materie sein sollte, welche von den leuchtenden Körpern ausginge, sich gradlinig fortpflanzte, in das Auge eindränge, und die Netzhaut dann zur Empfindung des Leuchtenden erregte. Die zweite Ansicht, welche von Newtons Gegner Hooke vertreten wurde, lautet dahin, dass das Licht eine Bewegung sei, dass sich mit den Lichtstrahlen nicht Theilchen fortbewegten, sondern eine periodische Bewegung an den Theilchen, dass das Licht in Wellenbewegungen der kleinsten Theilchen bestünde, welche sich nach allen Richtungen hin fortpflanzten, und welche sich endlich auch bis in das Auge hinein erstreckten bis zu den Theilchen der Netzhaut, und so dieselbe zur Empfindung des Leuchtenden erregten. Bekanntermassen ist es die letztere Ansicht, welche durch die Arbeiten von Huyghens, Thomas Young und Fresnel zum Siege gelangte.

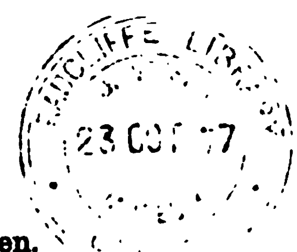
Ehe wir aber auseinandersetzen können, weshalb sie den Vorzug vor der älteren, der Emanationshypothese, verdient, müssen wir uns mit der Natur der Wellenbewegung im Allgemeinen näher bekannt machen.

Wenn Sie auf ein nicht zu straff gespanntes Seil mit einem Stocke schlagen, so erzielen Sie eine Ausbiegung, und diese pflanzt sich nach der Länge des Seiles fort. Ihr folgt unmittelbar eine Ausbiegung nach der entgegengesetzen Seite, indem die Partie, die zuerst nach rechts hinausgeschlagen worden ist, dann in ihre Gleichgewichtslage zurückschwingt, durch die Gleichgewichtslage nach links durchschwingt und dann erst wieder in dieselbe zurück geht. Das ist das Bild einer einfachen Wellenbewegung, welche sich linear fortpflanzt, und wir nennen solche Wellen auch wohl Seilwellen, weil ihr Schema hergenommen ist von dem Bilde einer Welle, welche an einem Seile durch Anschlagen erzeugt worden ist.

An einer solchen Welle kann ich nun erstens die Wellenlänge unterscheiden. Die ganze Welle besteht aus Wellenberg und Wellenthal; ich bezeichne deshalb auch als eine ganze Wellenlänge die Länge von Wellen-



INHALT.



Die Organismen.

Die Physiologie ist die Lehre von den Organismen. Sie ist die Lehre von den Organismen als Organismen, die Lehre von den Organismen insoferne sie Organismen sind, sie ist die Theorie der Organismen.

Als Organismen bezeichnen wir die lebenden Wesen, die Thiere und die Pflanzen. Sie sind materielle Ganze, die sich in Thätigkeit befinden, und man hat wiederholt die Frage vorgelegt, wodurch sie sich von leblosen materiellen Ganzen, die sich in Thätigkeit befinden, von den Maschinen, welche wir künstlich bauen und in Thätigkeit setzen, unterscheiden.

Thatsächlich sind wir bei dem einzelnen Objecte niemals in Verlegenheit einen Organismus von einem Mechanismus zu unterscheiden. Niemand ist in Verlegenheit einen lebenden Menschen von einem noch so künstlichen Automaten zu unterscheiden, und Vaucanson's fressende und verdauende Ente ist von Niemandem für eine wirkliche Ente gehalten worden. Aber es fragt sich, was ist denn unter den verschiedenen Eigenschaften der Organismen diejenige, die sie am vollständigsten von den Mechanismen abgrenzt.

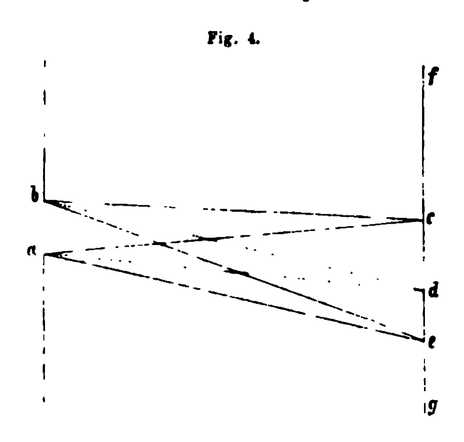
Man hat als ein solches Kriterium angenommen, dass die Organismen aus einem inneren Grunde thätig seien, während die Mechanismen nur per accidens thätig seien. Mit andern Worten, ein Organismus ist an und für sich in Thätigkeit ohne weiteres Zuthun, aber eine Dampfmaschine muss geheizt werden, damit sie in Thätigkeit komme, eine Uhr muss aufgezogen werden u. s. w. Bei näherer Betrachtung zeigt es sich aber, dass dieses Kriterium nicht haltbar ist: denn auch Organismen müssen geheizt werden, das heisst, die Thiere müssen Nahrung zu sich nehmen, damit ihr Organismus in Thätigkeit erhalten werde, und wir werden später sehen, dass die Nahrung bei den Thieren eine ganz analoge Rolle spielt, wie die Kohlen, mit denen geheizt wird, bei den Dampfmaschinen.

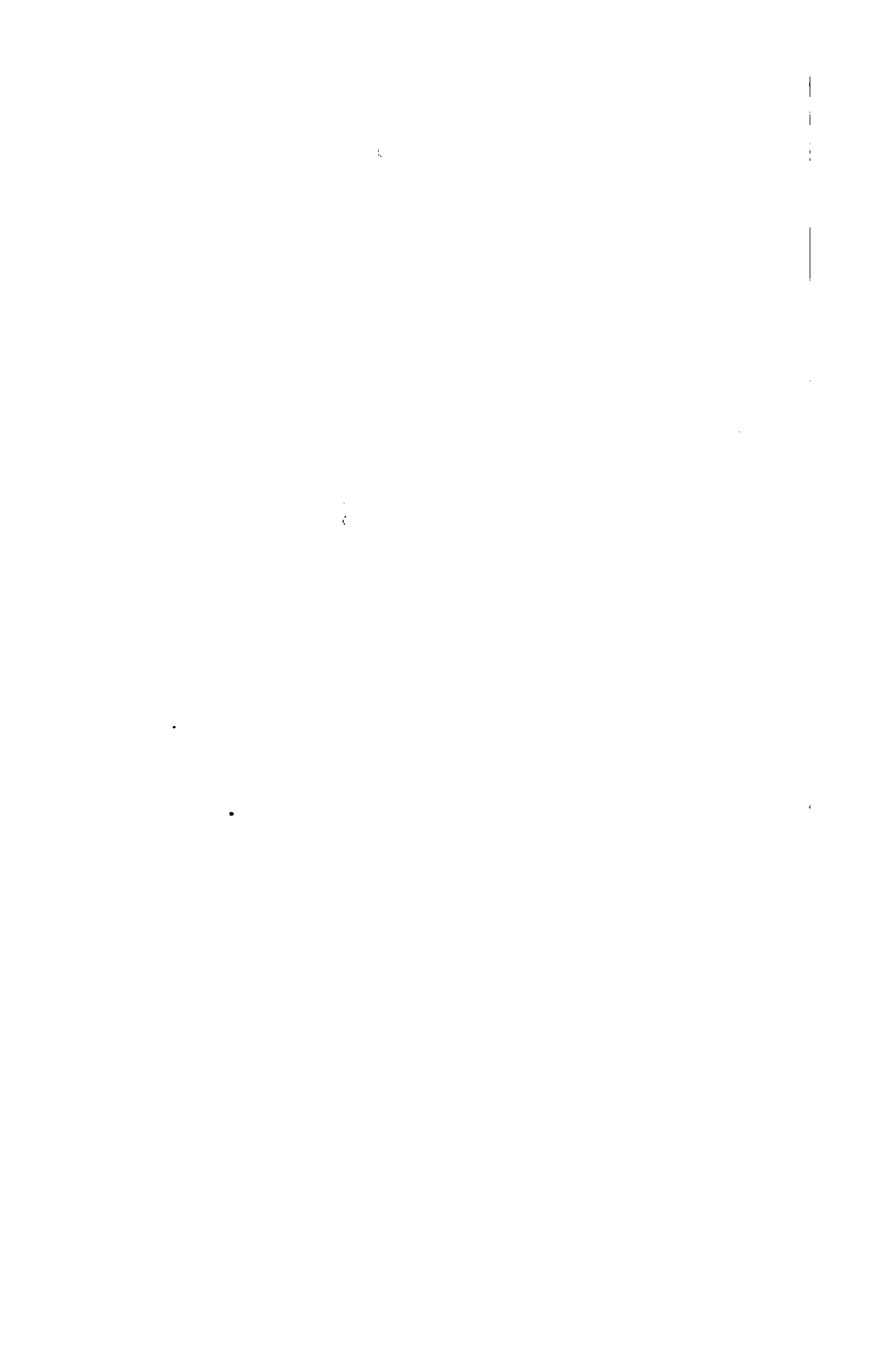
Man hat ferner gesagt, für einen Organismus ist die Thätigkeit wesentlich, für einen Mechanismus aber unwesentlich; wenn die Thätigkeit eines Organismus aufhört, so geht er auch zu Grunde, er zerfällt, dagegen bleibt eine Uhr noch immer eine Uhr, wenn sie auch Jahre lang nicht aufgezogen wurde, und eine Dampfmaschine bleibt immer eine Dampfmaschine, wenn sie auch Jahre lang nicht geheizt wird.

neben dem geometrischen Bilde des Spaltes zu beiden Seiten farbige Linien parallel mit dem Spalte verlaufen, die mit Braun anfangen, dann in Roth übergehen, und im weiteren Wechsel der Farbe jederseits symmetrische Spectra bilden. Wenn man nun vor den Spalt ein homogen rothes Glas, ein Glas, welches nur rothes Licht durchlässt, setzt, so bemerkt man, dass nun die vielfarbige Erscheinung verschwindet, dass sich aber zu beiden Seiten helle und dunkle Linien zeigen, die mit dem Spalte parallel sind. Das geschieht stets, wenn man ein wie immer gefärbtes monochromatisches Glas vorlegt, nur dass die Streifen nicht bei allen Farben von gleicher Breite sind, dass sie am breitesten sind, wenn man homogenes rothes Licht anwendet, und dass sie am schmalsten sind, wenn man homogenes violettes Licht anwendet.

Die Erklärung, welche die Undulationstheorie hiefür gibt, ist folgende. Sie sagt: Wenn ein System von Wasserwellen einen Spalt zwischen zwei Schirmen durchbricht, so sieht man von den Rändern der Schirme Kreise ausgehen, das heisst man sieht Wellen ausgehen, deren Centren die in das Wasser eintauchenden Ränder der Schirme sind. Gerade so gehen auch hier von den Rändern des Spaltes Wellen aus, die man sich als cylindrisch denken muss, und die Ränder des Spaltes als die Axen der cylindrischen Wellenoberflächen. In Fig. 4 sind *a b* der Spalt und *f g* der auffangende Schirm. Die Wellen befinden sich von Haus aus beiderseits in gleichen Phasen. Wenn ich nun einen Punkt *c* betrachte, der dem Spalt gerade gegenübersteht, so haben die beiden Wellensysteme gleich lange Wege (*a c* und *b c*) zu ihm zurückzulegen; sie werden also so zu ihm gelangen, dass Wellenberg auf Wellenberg, und Wellenthal auf Wellenthal fällt. Hier also erscheint der Schirm hell. Wenn ich mich aber seitlich nach *d* hin entferne, und dorthin die Radien *a d* und *b d* ziehe, also die Wege beschreibe, welche die Wellen von den beiden Rändern dahin zurückzulegen haben, so finde ich, dass diese beiden Wege ungleich lang sind. Ich nehme an, ich experimentirte mit monochromatischem Lichte, und ihr Unterschied soll eine halbe Wellenlänge desjenigen Lichtes betragen, das ich gerade anwende, dann muss Wellenberg auf Wellenthal auffallen, und umgekehrt, die beiden Strahlen müssen einander auslöschen, es muss also hier ein dunkler Streif entstehen. Wenn ich noch weiter seitlich gehe, wird die Differenz wachsen. Sie soll für die nach *e* gezogenen Radien *a e* und *b e* eine ganze Wellenlänge betragen, dann wird hier wieder ein heller Streif entstehen, und so fort werden helle und dunkle Streifen mit einander abwechseln. So erklären sich nicht nur die hellen und dunklen Streifen: es erklärt sich auch daraus, dass die Breite der Streifen in einem bestimmten Zusammenhange steht, einerseits mit der Breite des Spaltes, andererseits mit der Natur des Lichtes, indem Licht

Fig. 4.





VORLESUNGEN

ÜBER

PHYSIOLOGIE

VON

ERNST BRÜCKE.

UNTER DESSEN AUFSICHT NACH STENOGRAPHISCHEN AUFZEICHNUNGEN HERAUSGEGEBEN.

ERSTER BAND.

PHYSIOLOGIE DES KREISLAUFS, DER ERNÄHRUNG, DER ABSONDERUNG, DER RESPIRATION UND DER BEWEGUNGSERSCHEINUNGEN

ZWEITE VERMEHRTE UND VERBESSERTE AUFLAGE.

MIT 80 HOLZSCHNITTEN.

WIEN, 1875.

WILHELM BRAUMÜLLER

K. K. HOF- UND UNIVERSITÄTSBUCHHÄNDLER.



INHALT.

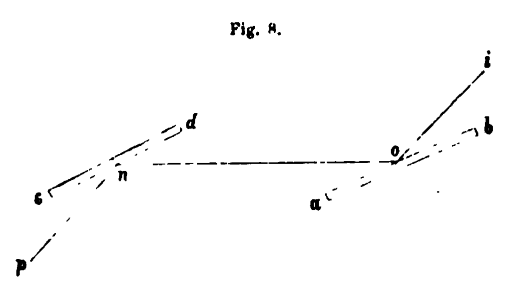
dies bei der Emanationshypothese der Fall war. Wir werden also nicht anstehen, uns zur Undulationstheorie zu bekennen, und das Licht als eine Bewegung anzusehen, welche an den kleinsten Theilchen vor sich geht. Da das Licht sich durch Räume, aus denen wir alle ponderabeln Atome so viel als möglich fortgeschafft haben, noch ungeschwächt fortpflanzt, so sehen wir es an als Bewegung, welche zunächst nicht an den ponderabeln Atomen, sondern an den Aetheratomen vor sich geht.

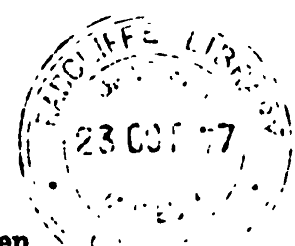
Polarisation.

Es drängt sich uns jetzt die Frage auf: Wie geht denn diese Bewegung vor sich? Sie kann so vor sich gehen, dass die Aethermoleküle in derselben Richtung gestossen werden, in der sich das Licht fortpflanzt: dann würden die Lichtwellen Longitudinalwellen sein, wie es die Schallwellen sind. Sie kann aber auch so vor sich gehen, dass die Lichttheilchen sich in Ebenen bewegen, die senkrecht auf der Fortpflanzungsrichtung stehen, wie dies bei den Seilwellen und bei den Wasserwellen der Fall ist: dann würden die Lichtwellen Transversalwellen sein. Wenn die Lichtwellen Longitudinalwellen wären, also die Theilchen in der Richtung gestossen würden, in welcher sich das Licht fortpflanzt, und ich würde das Licht von einer spiegelnden Fläche reflectiren lassen, so würde es bei der Reflexion, wenn einmal die Fläche gegeben ist, nur auf den Winkel ankommen, unter welchem reflectirt wird. Es müsste vollständig gleichgiltig sein, ob ich dabei den Spiegel um die Verlängerung des Strahles als Axe drehe, denn dadurch würde ja die Relation zwischen den Aethertheilchen und der spiegelnden Fläche durchaus nicht geändert.

Anders verhält sich die Sache, wenn ich mir vorstelle, die Lichtwellen seien Transversalwellen. Dann wird dadurch allerdings etwas in den Relationen geändert. Schwingen dann die Theilchen bei schiefer Incidenz parallel der Fläche des Spiegels, und ich drehe dann den Spiegel um den Strahl als Axe um 90°, so schwingen sie so, dass sie auf die Fläche des Spiegels aufstossen. Nun lässt sich in der That zeigen, dass die Lage einer spiegelnden Fläche in dieser Weise nicht geändert werden kann, ohne dass nicht auch der Vorgang der Reflexion geändert würde. Denken Sie sich, Sie hätten eine Glasplatte *a b*, die Sie hinten schwarz angestrichen haben, zu keinem andern Zwecke, als damit die Reflexion nur an der vorderen Fläche der Glasplatte stattfinde. Denken Sie sich, Sie liessen einen Strahl *i o* unter einem solchen Winkel auffallen, dass der gebrochene Strahl, der sich in der Glasplatte fortpflanzt, auf dem reflectirten Strahl *o n* senkrecht stünde, so werden Sie an letzterem, wenn Sie ihn direct, und mit blossem Auge ansehen, noch nichts Besonderes bemerken. Nun stellen Sie aber einen zweiten schwarzen Spiegel *c d* parallel mit dem ersten auf und bringen Sie Ihr Auge in die Richtung des reflectirten Strahles *n p*, so

Fig. 8.





Die Organismen.

Die Physiologie ist die Lehre von den Organismen. Sie ist die Lehre von den Organismen als Organismen, die Lehre von den Organismen insoferne sie Organismen sind, sie ist die Theorie der Organismen.

Als Organismen bezeichnen wir die lebenden Wesen, die Thiere und die Pflanzen. Sie sind materielle Ganze, die sich in Thätigkeit befinden, und man hat wiederholt die Frage vorgelegt, wodurch sie sich von leblosen materiellen Ganzen, die sich in Thätigkeit befinden, von den Maschinen, welche wir künstlich bauen und in Thätigkeit setzen, unterscheiden.

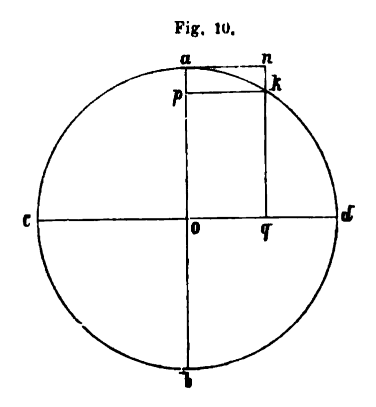
Thatsächlich sind wir bei dem einzelnen Objecte niemals in Verlegenheit einen Organismus von einem Mechanismus zu unterscheiden. Niemand ist in Verlegenheit einen lebenden Menschen von einem noch so künstlichen Automaten zu unterscheiden, und Vaucanson's fressende und verdauende Ente ist von Niemandem für eine wirkliche Ente gehalten worden. Aber es fragt sich, was ist denn unter den verschiedenen Eigenschaften der Organismen diejenige, die sie am vollständigsten von den Mechanismen abgrenzt.

Man hat als ein solches Kriterium angenommen, dass die Organismen aus einem inneren Grunde thätig seien, während die Mechanismen nur per accidens thätig seien. Mit andern Worten, ein Organismus ist an und für sich in Thätigkeit ohne weiteres Zuthun, aber eine Dampfmaschine muss geheizt werden, damit sie in Thätigkeit komme, eine Uhr muss aufgezogen werden u. s. w. Bei näherer Betrachtung zeigt es sich aber, dass dieses Kriterium nicht haltbar ist: denn auch Organismen müssen geheizt werden, das heisst, die Thiere müssen Nahrung zu sich nehmen, damit ihr Organismus in Thätigkeit erhalten werde, und wir werden später sehen, dass die Nahrung bei den Thieren eine ganz analoge Rolle spielt, wie die Kohlen, mit denen geheizt wird, bei den Dampfmaschinen.

Man hat ferner gesagt, für einen Organismus ist die Thätigkeit wesentlich, für einen Mechanismus aber unwesentlich; wenn die Thätigkeit eines Organismus aufhört, so geht er auch zu Grunde, er zerfällt, dagegen bleibt eine Uhr noch immer eine Uhr, wenn sie auch Jahre lang nicht aufgezogen wurde, und eine Dampfmaschine bleibt immer eine Dampfmaschine, wenn sie auch Jahre lang nicht geheizt wird.

welcher das Molekül von den Impulsen jedes einzelnen Wellensystemes allein hinausgetrieben werden würde. Wenn die beiden Wellensysteme einen Gangunterschied von einer viertel Wellenlänge haben, wird, wenn die Elongation von dem einen Wellensysteme aus ein Maximum ist, das andere Wellensystem das Molekül durch die Gleichgewichtslage treiben, und, wenn dieses zweite Wellensystem es wiederum zum Maximum der Elongation gebracht hat, würde es, von dem ersten Wellensysteme allein bewegt, durch die Gleichgewichtslage getrieben werden. Wenn sich also das Molekül in *a* befindet, so wird es einerseits, mit der Geschwindigkeit 0 anfangend, gegen *o* zurückzufallen suchen, anderseits aber wird seine Geschwindigkeit in der Richtung *c d* im Maximum sein. Es wird also im ersten Momente sich in tangentialer Richtung fortzubewegen suchen; in dem Grade aber als seine Geschwindigkeit in der Richtung *a o* zunimmt, wird es aus dieser abgelenkt werden, so dass es einen Bogen beschreibt. Nach einer gewissen Zeit würde das Molekül durch die Impulse des Systems *a b* nach *p* und gleichzeitig durch die Impulse des Systems *c d* nach *n* getrieben worden sein. Thatsächlich wird es sich also in *k* befinden. Da wir uns die Lichtwellen durch Sinuscurven dargestellt denken müssen, so verhält sich *a n* zu *a p*, wie der Sinus des Bogens *a k* zu dessen Sinusversus. Der Ort also, an den das Molekül gelangt ist, liegt in einer Kreisbahn, die durch *k* nach *d*, dann nach *b* und durch *c* wieder nach *a* zurückgeht. Ein solches Molekül also, welches von zwei Wellensystemen, die rechtwinkelig auf einander stehen und einen Gangunterschied von einer viertel Wellenlänge haben, getrieben wird, schwingt im Kreise herum, und solches Licht, bei dem die Moleküle nicht in einer Ebene, sondern im Kreise herumschwingen, bezeichnet man als circular polarisirtes Licht. Dasselbe wird natürlich der Fall sein, wenn der Gangunterschied dreiviertel, fünfviertel Wellenlänge, kurz eine ungerade Zahl von Viertelwellenlängen beträgt.

Fig. 10.



Was wird nun geschehen, wenn zwei Wellensysteme, die rechtwinkelig auf einander stehen, zur Interferenz kommen, und einen Gangunterschied haben, welcher weder genau eine gerade Anzahl von Viertelwellenlängen, noch genau eine ungerade Anzahl von Viertelwellenlängen beträgt. Dann wird das Molekül weder in einer Ebene schwingen, noch sich im Kreise herumbewegen: es wird einen Weg beschreiben, der zwischen beiden liegt. Nun liegt aber zwischen einem Kreise und einer geraden Linie die Ellipse, denn der Kreis ist eine Ellipse, deren beide Axen gleich sind, und eine Ellipse, deren kleine Axe im Vergleich zur grossen Axe unendlich klein wird, geht in eine gerade Linie über. Die Bahnen werden also Ellipsen von verschiedener Excentricität bilden. Licht, in dem die Moleküle in Ellipsen schwingen, nennen wir elliptisch polarisirt für den Fall, dass Verhältniss und Lage der Axen constant bleiben.

Elliptische Schwingungen sind im polarisirten Lichte überaus häufig. Ein grosser Theil von dem Lichte, was wir geradlinig polarisirt nennen, ist elliptisch polarisirt; es ist nur die eine Axe der Ellipse sehr klein. Das ist zunächst der Fall bei allem Lichte, das durch Reflexion polarisirt ist. Es gibt aber auch Reflexionen, bei welchen die zweite Axe, die kleine Axe der Ellipse, nicht sehr klein, sondern so gross ist, dass auch bei den gröberen Versuchen das Licht sich nicht mehr als geradlinig polarisirt erweist. Das ist z. B. bei den Reflexionen an Metallen der Fall.

Wie sich nun zwei auf einander rechtwinklig und geradlinig polarisirte Strahlen zu einem circular polarisirten zusammensetzen können, so können sich umgekehrt zwei circular polarisirte Strahlen zu einem geradlinig polarisirten zusammensetzen. Man kann sich dies auf zweierlei Weise veranschaulichen. Erstens kann man sich die beiden circular polarisirten Strahlen in je zwei geradlinig polarisirte zerlegt denken. War die Drehung gleichsinnig, so fallen die vier Wellensysteme so auf einander, dass sich je zwei und zwei addiren. In ihrer Zusammensetzung geben sie dann also wieder einen circular polarisirten Strahl, aber von grösserer Amplitude. War aber die Drehung ungleichsinnig, so addiren sich nur zwei von den Wellensystemen, die beiden anderen vernichten einander, weil sie einen Gangunterschied von einer halben Wellenlänge haben. Man kann sich aber auch zwei halbkreisförmige Stücke der circulären Bahnen denken, die einander zu einem Kreise ergänzen, durch den, da wo sie aneinander gelegt sind, ein Durchmesser gezogen ist. Dann kann man sich für jedes kleinste Bahnstück die Impulse in zwei Componenten zerlegen, von denen die eine jenem Durchmesser parallel ist, die andere senkrecht auf ihm steht. War nun die Kreisbewegung in beiden Strahlen ungleichsinnig, so wird man finden, dass sich zwar die ersteren Componenten aus beiden Hälften addiren, die letzteren aber vernichten und so eine geradlinige Bewegung entsteht, deren Richtung der gezogene Durchmesser anzeigt. So lange beide Strahlen gleichen Gang haben, wird diese Richtung unverändert bleiben, wenn aber der eine Strahl dem anderen vorauseilt, so wird sich diese Richtung allmälig um das Centrum des Kreises als Axe drehen. Da diese Richtung die Schwingungsebene anzeigt, so nimmt diese somit im resultirenden Strahle die Gestalt einer windschiefen, einer aufgedrehten Ebene an, und mit ihr und in derselben Weise wird die stets senkrecht auf ihr gedachte Polarisationsebene gedreht. Wir werden hievon später eine wichtige Anwendung machen.

Schwingungen der Aethertheilchen im gemeinen Lichte.

In welcher Art schwingen die Moleküle im nicht polarisirten, im sogenannten gemeinen Lichte, wie es eben von den leuchtenden Körpern ausgeht? Es heisst, hier schwingen die Moleküle nach allen möglichen Richtungen. Nun sehen Sie aber leicht ein, dass ein Molekül sich nicht gleichzeitig nach allen Richtungen bewegen kann, sondern nur immer nach einer Richtung und zu derselben Zeit nach keiner anderen. Wie haben wir es uns also vorzustellen, dass die Moleküle zwar immer in Ebenen schwingen, die senkrecht auf der Fortpflanzungsrichtung stehen,

darin nicht verzeichnen, dass aber im Blau die Erscheinung anfängt, und dass sie weit über das violette Ende des Spectrums hinausgeht, dass noch weit jenseits des sichtbaren Lichtes der Weg von Strahlen in der Chininlösung verzeichnet ist, die wir für gewöhnlich gar nicht sehen.

Es hatte sich schon bei früheren Versuchen, bei denen man einfach gemischtes Licht einfallen liess, gezeigt, dass die Lichterscheinung sich durch eine sehr dicke Schicht von Chininlösung fortsetzt, wenn die letztere sehr verdünnt ist. Wenn sie dagegen concentrirt ist, so ist zwar die Lichterscheinung dort sehr stark, wo das Licht eintritt, wird aber nach und nach schwächer und hört endlich in einer gewissen Tiefe der Lösung ganz auf. Es weist dies darauf hin, dass durch die Erscheinung bestimmtes Licht verbraucht wird, und nun das übrige, welches noch hindurch geht, nicht mehr im Stande ist, die Erscheinung hervorzubringen. Stokes fand ferner, als er das Licht, welches hier aus dem Innern zerstreut wird, mit dem Prisma zerlegte, dass es noch zusammengesetztes Licht war, aber dass die Wellenlänge der einzelnen Lichtsorten immer geringer war als die des erzeugenden Lichtes.

Wenn man dies alles zusammenhält, muss man auf folgende Erklärung kommen: Es gibt gewisse Körper, in welchen das Licht von kurzer Schwingungsdauer, wenn es hindurchgeht, nicht nur seine lebendige Kraft einfach fortpflanzt oder in dunkle Wärme verwandelt, sondern in denen es Lichtwellen anderer Farbe, Schwingungen von anderer, und im Allgemeinen von längerer Schwingungsdauer erzeugt. Diese Lichtwellen verbreiten sich von jedem Punkte der Lichtbahn nach allen Richtungen hin, und deshalb sehen wir die Lichtbahn leuchtend. Wir sehen die Lichtbahn auch der dunkeln Strahlen jenseits des Violett leuchtend, weil die erzeugten Wellen von grösserer Schwingungsdauer, und deshalb für uns sichtbares Licht sind.

Man kennt jetzt eine sehr grosse Anzahl von Körpern, die in dieser Weise fluoresciren, und die Licht von sehr verschiedenen Farben zerstreuen. Uranglas fluorescirt grün, ein alkoholischer Auszug von Lakmus fluorescirt gelb. Man weiss, dass die Erscheinung so verbreitet ist, dass es oft schwer ist, sich vor ihr zu schützen. Wenn man z. B. ein Spectrum auf einer Papierfläche auffängt, so hat man nicht mehr die wahren Farben allein, weil das Papier, wenn auch schwach, fluorescirt. Auch Theile des menschlichen Auges fluoresciren, und zwar ist es zunächst die Linse, die am stärksten fluorescirt, und daraus erklärt sich auch, warum sie die ultravioletten Strahlen so stark absorbirt. Denn das Licht, welches wir als fluorescirend sehen, wird ja nicht aus nichts erzeugt, sondern für dasselbe wird ja lebendige Kraft verbraucht, die lebendige Kraft der erzeugenden Strahlen, die hier in erster Reihe die dunklen Strahlen jenseits des Violett sind. Hinzufügen muss ich noch, dass die Netzhaut selbst fluorescirt. Andererseits hat Donders nachgewiesen, dass die ultravioletten Strahlen auf diesem Wege nicht vollständig verbraucht werden, denn wenn man sie durch die Linse allein, oder auch durch die ganzen optischen Medien des Auges hindurchgehen lässt, und eine Chininlösung aufstellt, so erzeugen sie in dieser noch einmal Fluorescenz. Man muss also annehmen, dass unsere Netzhaut an und für sich für Strahlen von so kurzer Schwingungsdauer unterempfindlich ist, das heisst, dass sie dagegen weniger empfindlich ist, als gegen Strahlen von grösserer Schwingungs-

dauer. Unempfindlich ist sie dagegen nicht, denn diese Strahlen, die wir als unsichtbare ultraviolette Strahlen ansehen, sind nicht ganz unsichtbar, sondern nur schwach sichtbar. Davon kann man sich überzeugen, erstens wenn man den Theil des Spectrums, den man immer mit seinen Farben gesehen hat, mit einem Schirme bedeckt: dann tritt jenseits des Violett, wo man früher nichts gesehen, noch ein Theil des Spectrums zu Tage, weil man jetzt nicht durch die andern Farben des Spectrums geblendet ist. Schon ältere Beobachter haben auf diese Weise einen grossen Theil der ultravioletten Strahlen gesehen, und in neuerer Zeit hat man sie bei gesteigerter Lichtstärke und vervollkommten Beobachtungsmethoden noch weiter verfolgt. Es existiren verschiedene Angaben über den Eindruck der Farbe, den diese Strahlen machen. Sie scheinen in der That nicht auf alle Augen gleich zu wirken. Einige geben an, dass sie diese Strahlen violett, andere, dass sie sie blaugrau, andere, dass sie sie silbergrau sehen, ohne einen deutlichen Stich in's Blau oder Violett.

Die strahlende Wärme.

Das Wärmemaximum im Spectrum fällt nicht mit dem Lichtmaximum zusammen. Es hat eine verschiedene Lage, je nachdem das Licht von der Sonne oder von einem anderen glühenden Körper kommt; aber stets liegt es, wenn nicht vorher langwellige Strahlen verloren gegangen sind, jenseits des rothen Endes des Spectrums im dunklen Raume, und die Wärmestrahlen erstrecken sich noch mehr oder weniger über dasselbe hinaus, so dass wir jenseits des rothen Endes eine grosse Menge von Strahlen haben, die wärmen, aber nicht leuchten. Fig 11 zeigt das Wärmespectrum der Sonne nach Lamansky. Es ist in demselben das Ende des sichtbaren Roth verzeichnet, und ausserdem die Frauenhofer'sche Linie *D* im Gelb, die Linie *E* im Gelbgrün, *F* im Grünblau und *G* im Indigblau, um eine Vorstellung von dem Verhältniss der dunklen Wärme zur leuchtenden zu geben. Die grösste Helligkeit des Spectrums fällt zwischen *D* und *E*. Die Wärmeintensitäten sind den Höhen proportional, zu denen sich die Curve in der Figur erhebt. Um die dunklen Strahlen möglichst vollständig zu erhalten, muss man, wie Macedonio Melloni fand, nicht ein Glasprisma, sondern ein Steinsalzprisma anwenden, da Glas eine grosse Menge von ihnen absorbirt. Noch weniger Wärme lässt eine Alaunplatte durch, so dass wir hier drei farblos durchsichtige Medien haben, Steinsalz, Glas und Alaun, welche die Wärme in höchst ungleichem Grade durchlassen. Das scheint darauf hinzudeuten, dass Licht und strahlende Wärme qualitativ verschieden sind. Melloni versuchte, um die Nichtidentität von Licht und von strahlender Wärme nachzuweisen, Licht ohne Wärme darzustellen. Dies

Fig. 11.

gelang ihm in der That, indem er ein Gefäss machte, das er vorn und hinten mit einem mit Kupferoxyd grüngefärbten Glase verschloss, und mit Wasser füllte. Durch diese Combination von Wasser und grünem Glase ging grünes Licht noch sehr gut hindurch, so dass es eine bedeutende Helligkeit verbreitete, aber mit seinem empfindlichsten Thermoskop konnte er keine Wärme mehr nachweisen. Auch bei der Untersuchung der reflectirten Wärme zeigte es sich, dass man aus der Lichtreflexion der Körper keinen Schluss machen könne auf die Wärmereflexion. Kurz in der ganzen ersten Reihe von Melloni's Untersuchungen sah es aus, als ob sich Licht und Wärme als ein Paar vollkommen verschiedener Agentien zeigen würden.

Nichtsdestoweniger ist Melloni in seinen späteren Jahren vollständig zu der Ueberzeugung gekommen, dass Licht und Wärme mit einander identisch sind, dass sich die dunkle strahlende Wärme, von der leuchtenden, welche wir Licht nennen, nur durch die Schwingungsdauer unterscheidet. Die anscheinenden Unterschiede verlieren ihren Werth durch folgende Betrachtung. Nehmen wir an, die dunklen Wärmestrahlen wären unsichtbar, entweder weil sie nicht zu unserer Netzhaut gelangen, weil sie von den optischen Medien absorbirt werden, oder weil sie vermöge ihrer grösseren Schwingungsdauer nicht mehr das Vermögen haben, die Netzhaut zur Empfindung des Leuchtenden zu erregen. Dann klären sich alle anscheinenden Widersprüche auf, dann verschwinden alle scheinbaren Unterschiede zwischen Licht und strahlender Wärme. Einer der wesentlichen Unterschiede bestand darin, dass wir eben diese Strahlen nicht sehen. Dieser ist hiermit von selbst aufgeklärt. Ein anderer Unterschied bestand darin, dass gleich durchsichtige Körper die Wärme so ungleich durchlassen, dass Steinsalz sehr viel Wärme hindurchlässt, dagegen Alaun sehr wenig Wärme hindurchlässt. Nun denken Sie sich, dass eine Alaunplatte nur gerade diejenige Wärme einigermassen gut durchlässt, welche solche Wellenlängen hat, dass wir sie sehen; dass die Steinsalzplatte diese Wärme auch durchlässt, aber ausserdem noch alle übrige, welche wir nicht sehen: so begreifen Sie leicht, dass beide gleich durchsichtig sein können, und dass die eine sehr viel, die andere sehr wenig Wärme durchlassen wird.

Denken Sie sich weiter, Sie hätten zwei Körper, die anscheinend das Licht gleich gut reflectiren, die aber die Wärme sehr ungleich reflectiren, so kann das so geschehen, dass der eine dieser Körper diejenigen Wärmestrahlen reflectirt, welche wir sehen, dass der andere diese Wärmestrahlen auch reflectirt, aber ausserdem diejenigen, welche wir nicht sehen. Dann erklärt sich dieser Unterschied ebenso, wie der, welcher zwischen der Steinsalzplatte und der Alaunplatte besteht.

Endlich, wenn wir uns fragen, wie war es möglich, dass Melloni Licht ohne Wärme darstellen konnte, wenn doch beide identisch sein sollen, so ist darauf die Antwort, dass seine Combination von Wasser und mit Kupferoxyd gefärbtem grünen Glase voraussichtlich gar keine Strahlen von grosser Wellenlänge durchliess, da schon das Wasser die dunklen in hohem Grade absorbirt, und das erwähnte Glas aus dem Spectrum auch noch das Roth fortnimmt, dass ferner auch von dem übrigen Lichte nur ein Bruchtheil hindurchging, aber ein Bruchtheil der sehr gut durch die optischen Medien des Auges ging. Man braucht dann

nur die unter solchen Umständen sehr wahrscheinliche Annahme zu machen, dass die Netzhaut gegen solche Strahlen viel empfindlicher war, als Melloni's Thermoskop, um zu dem Resultate zu gelangen, dass zwar noch strahlende Wärme vorhanden war, aber so wenig, dass sie sich mit dem Thermoskop nicht nachweisen liess, während sie die Retina noch lebhaft zur Empfindung des Leuchtenden erregte.

Wir werden uns dieser Erklärung zuwenden, wenn wir finden, dass im Uebrigen strahlende Wärme und Licht sich ganz analog verhalten, und das finden wir in der That.

Wir wissen erstens, dass die strahlende Wärme in derselben Weise und nach denselben Gesetzen reflectirt wird, wie das Licht. Der Brennspiegel war bekanntlich schon im Alterthume bekannt. Wir wissen ferner, dass strahlende Wärme nach denselben Gesetzen gebrochen wird, nach denen das Licht gebrochen wird. Sie wissen, dass wir mit einem Brennglase die strahlende Wärme concentriren, dass anscheinend der Focus des Lichtes und der strahlenden Wärme zusammenfällt. Das Maximum der Wärme fällt aber thatsächlich nicht mit dem Maximum des Lichtes zusammen. Das zeigt uns eben die Untersuchung mit dem Steinsalzprisma, indem es sich herausstellte, dass die Strahlen, die die grösste Intensität haben, nicht im leuchtenden Spectrum liegen, sondern jenseits des rothen Endes desselben.

Beim Lichte waren es wesentlich die Interferenzerscheinungen, welche uns veranlasst haben, das Licht als eine Wellenbewegung anzusehen. Wir haben diese Interferenzerscheinungen zuert im Beugungsspectrum kennen gelernt. Es fragt sich: zeigt die strahlende Wärme auch Interferenz? Fizeau und Foucault haben die Interferenz auch da, nur auf anderem Wege nachgewiesen. Sie bedienten sich dabei eines sehr kleinen Alkoholthermometers, das durch die Beugungsstreifen von Stelle zu Stelle hindurchgeführt und mittelst eines Mikroskops abgelesen wurde.

Da sich die strahlende Wärme auch durch den leeren Raum fortpflanzt, so müssen wir hier, wie beim Lichte annehmen, dass es nicht nur eine Wellenbewegung sei, sondern dass es eine Wellenbewegung an den Aethertheilchen sei, und es bleibt uns nur noch übrig zu fragen, ob diese Wellen Transversalwellen oder Longitudinalwellen seien. Bei dem Lichte haben wir die gleiche Frage durch die Polarisation zu entscheiden versucht. Ist die strahlende Wärme polarisirbar? Man könnte versuchen, die Wärme mittelst Brechung durch einen Satz von Glasplatten zu polarisiren. Aber die Wärme geht so schlecht durch Glas hindurch, dass hiebei sehr viel absorbirt werden würde. Der schottische Physiker Forbes fand vor einer langen Reihe von Jahren ein anderes Auskunftsmittel. Wenn man eine Glimmerplatte erhitzt, so lösen sich die einzelnen Lamellen von einander, so dass sie nun aus einer sehr grossen Menge sehr dünner Plättchen besteht. Wenn man eine so zugerichtete Glimmerplatte schief gegen die einfallenden Strahlen aufstellt, und ihr gegenüber, und parallel mit ihr eine zweite eben solche, so hat man einen Polarisationsapparat für die strahlende Wärme. Auf dessen einer Seite stellte Forbes die Wärmequelle, auf der anderen sein Thermoskop auf. Drehte er nun die eine Glimmerplatte um den einfallenden Strahl als Axe, so

zeigte das Thermoskop eine Abnahme der Wärme an. Die letztere wurde ein Minimum, wenn die Drehung 90° betrug, und nahm von da an wieder zu. Kurz es geschah Alles wie beim Licht, nur dass man an die Stelle der Wörter heller und dunkler, wärmer und weniger warm setzen musste. Später ist auch die Polarisation der Wärme durch Reflexion und durch doppelte Brechung nachgewiesen worden. Kurz, jeder Unterschied zwischen Licht- und Wärmewellen, mit Ausnahme der Wellenlänge, verschwindet. Wir müssen uns deshalb der früher erwähnten Hypothese zuwenden, und haben uns nur noch zu fragen: Weshalb erregen diese Wärmestrahlen unsere Netzhaut nicht zur Empfindung des Leuchtenden? Gelangen sie nicht hin, oder haben sie an und für sich, ihrer grösseren Wellenlänge wegen, nicht das Vermögen, sie zur Empfindung des Leuchtenden zu erregen?

Die dunklen Wärmestrahlen jenseits des Roth werden in sehr hohem Grade vom Wasser absorbirt, und da sich in unserm Auge eine zolldicke Wasserschichte befindet, so ist schon hinreichend Grund dafür, dass wenigstens ein grosser Theil der Strahlen absorbirt wird. Ich habe mittelst eines Apparates Linse, Glaskörper und Hornhaut so combinirt, dass die durch ein Loch im Fensterladen einfallenden Sonnenstrahlen sie nach einander durchwandern mussten, und dann auf eine Thermosäule fielen. Die Nadel des damit verbundenen Multiplicators zeigte dabei Ablenkungen von 26 bis 30°. Es handelt sich nun darum, ob diese Ablenkung wesentlich von dunklen Strahlen jenseits des Roth herrührte, oder ob sie herrührte von den leuchtenden Strahlen des Spectrums, die ja auch erwärmend wirken. Diese Frage liess sich bis zu einem gewissen Grade entscheiden. Melloni fand, dass eine Russschicht, welche dick genug ist, um das Licht vollständig zu absorbiren, noch nicht alle strahlende Wärme absorbirt, sondern einen guten Theil der dunklen Wärme jenseits des Roth durchlässt. Wenn ich eine Glastafel berusse, und durch dieselbe nach einer Lichtquelle sehe, so erscheint diese mir erst gelb, wenn ich dann stärker berusse, so erscheint mir die Lichtquelle roth, und endlich, wenn ich noch stärker berusse, so verschwindet auch das Roth. Das heisst nichts anders, als dass die Russtheilchen das Licht um so mehr absorbiren, je kürzer dessen Wellenlänge ist. Erst wurden Violett und Blau absorbirt, es blieb als Rest Gelb zurück, dann wurde auch Gelb absorbirt, es blieb Roth zurück, und erst, wenn ich die Russschichte noch dicker mache, absorbire ich auch das Roth, aber die Strahlen von grösserer Wellenlänge gehen wenigstens zum Theil noch hindurch, und das ist es auch, was Melloni beobachtete. Nun kann man die Linse und die Hornhaut, zwischen denen in der erwähnten Combination der Glaskörper eingeschlossen war, über einer Terpentinflamme berussen, ohne dass sie dadurch leiden. Wenn jetzt untersucht ward, ob Wärme hindurchging oder nicht, so fand ich mit demselben wärmemessenden Instrumente, das früher eine so bedeutende Erwärmung auswies, gar keine mehr. Die früher gefundene Wärme musste also grösstentheils von leuchtenden Strahlen herrühren, denn wenn dunkle Strahlen daran einen bedeutenden Antheil gehabt hätten, so würde wohl auch nach dem Berussen noch eine merkliche Menge davon übrig geblieben sein.

Es ist bis jetzt nicht möglich, genau anzugeben, bis zu welchem Grade diese dunklen Wärmestrahlen von den optischen Medien absorbirt

werden, und man weiss deshalb auch nicht, in wie weit sie das Vermögen haben, die Netzhaut zur Empfindung des Leuchtenden zu erregen, aber ganz geht ihnen dieses Vermögen nicht ab, denn ganz unsichtbar sind sie nicht. Der ältere Seebek hatte sie schon im Jahre 1820 als einen schwachen Schein gesehen, und Brewster beobachtete sie, nachdem er längere Zeit im Dunkeln verweilt hatte, mittelst eines Fernrohres, das er mit schwarzem Sammet ausgekleidet hatte.

Alle diese Erscheinungen führen also darauf hin, dass Licht und strahlende Wärme identisch sind. Wenn ein Körper erhitzt wird und nach und nach ins Glühen kommt, so steigt nicht nur die Intensität der ausgesendeten strahlenden Wärme, sondern es treten auch bei weiterer Temperaturerhöhung neue Wellen von kürzerer Schwingungsdauer auf. Das hat zuerst der amerikanische Physiker Draper durch einen Versuch demonstrirt. Draper erhitzte einen Platindraht dadurch, dass er den Strom einer galvanischen Kette hindurchgehen liess. Diesen Platindraht benutzte er als Licht- und Wärmequelle, und entwarf mittels eines Prismas ein Spectrum davon. So lange der Draht dunkel heiss war, sendete er nur Strahlen aus, die weniger brechbar waren als das Roth: wenn der Draht anfing roth zu glühen, so erschien das Roth des Spectrums, und wenn er weiter erhitzt wurde, bis zum Weissglühen, erschienen nach und nach alle übrigen Theile des Spectrums. Daraus erklärt es sich, warum in Kerzenflammen zwar Roth und Gelb in grosser Menge enthalten ist, aber eine relativ geringere Menge von Blau und Violett und endlich sehr wenig von den ultravioletten Strahlen. Das Kerzenlicht ist daher für photographische Zwecke in hohem Grade unbrauchbar, während das Licht im electrischen Strome weissglühender Kohlenspitzen und das Licht von verbrennendem Magnesium eine grosse Menge von ultravioletten Strahlen enthalten, und sich deshalb für Zwecke der Photographie eignen. In welchem Verhältnisse stehen nun strahlende Wärme und sogenannte thermometrische Wärme, die in den Körpern verharrt und sich in ihnen durch Leitung fortpflanzt, zu einander?

Strahlende Wärme erzeugt thermometrische Wärme, denn sie erwärmt die Glas- oder Alaunplatte, durch welche sie hindurchgeht, deutlich. Wir denken uns, dass dies geschieht, indem von den Aethertheilchen Bewegung an die ponderablen Atome übertragen wird. Dass dem wirklich so sei, zeigt uns ein Wassertropfen, auf den wir eine intensive Strahlung richten, er fängt an rascher und rascher zu verdampfen, das heisst, seine stärker bewegten Theilchen werden nach allen Seiten hin fortgeschleudert. Zu dieser Vorstellung passt es auch, dass sich die Wärme durch den leeren Raum zwar durch Strahlung, aber nicht durch Leitung fortpflanzt. Andererseits erzeugt die thermometrische Wärme strahlende Wärme, indem die ponderabeln Atome die Aetheratome nach allen Richtungen hin in Bewegung setzen.

Wenn wir nun Licht und Wärme, sowohl die geleitete als die strahlende, als Bewegungserscheinungen kennen gelernt haben, bleiben uns jetzt noch die Erscheinungen der Electricität, des Magnetismus und Diamagnetismus übrig. Können wir dieses ganze Gebiet der Physik auch als lediglich von Bewegungserscheinungen handelnd betrachten? Dazu haben wir in der That ein Recht, denn Alles, was im ganzen Gebiete der Electricität und des Magnetismus und Diamagnetismus wirklich

existirt, was wirklich in die Sinne fällt, das sind alles entweder Massenbewegungen, oder Erscheinungen von Licht und Wärme. Es nähern sich zwei Körper einander, sie ziehen, wie wir uns ausdrücken, einander an, oder sie entfernen sich von einander, wie wir uns ausdrücken, sie stossen einander ab, oder es sprühen Funken, es entstehen Blitze, es erhitzt sich ein Draht und kommt ins Glühen, kurz, wir mögen welche Erscheinung immer herausgreifen, wir kommen nur auf Licht- und Wärmeerscheinungen und auf Erscheinungen der mechanischen Bewegung. Das, was wir als Electricität und Magnetismus bezeichnen, das sind nicht die Erscheinungen selbst, sondern die gedachten Ursachen, die wir den Erscheinungen unterschieben, weil wir den Wechsel der Spannkräfte und lebendigen Kräfte, wie er in den Körpern stattfindet, und wie er zu den Erscheinungen Veranlassung gibt, nicht vollständig verfolgen können, und deshalb den Erscheinungen gedachte Ursachen unterschieben, die wir mit Namen wie die der magnetischen Anziehung, und der magnetischen Abstossung bezeichnen.

Wir sind also schliesslich zu dem Resultate gekommen, dass alle Erscheinungen, mit denen wir es überhaupt zu thun haben, Bewegungserscheinungen sind, theils Massenbewegungen, theils Bewegungen der kleinsten Theile, und so, wie wir dies auf die gesammte anorganische Natur anwenden, so müssen wir es auf die Organismen und endlich auch auf den menschlichen Organismus anwenden.

Thiere und Pflanzen.

Wir legen uns die Frage vor, worauf der wesentliche Unterschied zwischen den beiden grossen Abtheilungen von Organismen, den Thieren und den Pflanzen, beruhe. In alten Zeiten sah man als den wesentlichen Unterschied zwischen beiden das Bewegungsvermögen an. Man überzeugte sich aber dann, dass gewisse Organismen, welche man bisher für Pflanzen gehalten hatte, weil sie auf dem Boden des Meeres festgewachsen waren, und weil sie äusserlich Aehnlichkeit mit Pflanzen hatten, Thiere waren, und später lernte man Pflanzen kennen, welche sich bewegen, nicht nur einzelne Theile bewegen, sondern wirklich ihren Ort verändern. Man konnte also das Bewegungsvermögen nicht mehr als Kriterium zwischen Thieren und Pflanzen aufstellen. Auch die thierische Wärme kann man nicht wohl benützen, um Thiere und Pflanzen von einander zu unterscheiden. Denn, wenn auch alle Thiere Wärme bilden, so bilden doch einige von ihnen so wenig Wärme, dass wir mit unsern feinsten Hilfsmitteln nicht im Stande sind, sie nachzuweisen. Andererseits gibt es pflanzliche Organismen, welche in einzelnen Theilen, z. B. in den Blüthenkolben zu gewissen Zeiten nicht unbedeutende Mengen von Wärme bilden. In den dreissiger Jahren dieses Jahrhunderts, als man sich mehr und mehr überzeugte, dass allen pflanzlichen Geweben eine gewisse Grundform, die der sogenannten Zelle, zu Grunde liege, da glaubte man einen wesentlichen Unterschied zwischen Thier und Pflanze in der Structur gefunden zu haben. Aber bald veröffentlichte Theodor Schwann eine Abhandlung über die Aehnlichkeit der Structur der Thiere und Pflanzen, in welcher er nachwies, dass nicht nur gewisse pflanzliche Elementartheile gewissen thierischen im hohen Grade ähnlich sind, sondern dass sich in ganz ähnlicher Weise

wie bei den Pflanzen auch alle thierischen Gewebselemente aus ursprünglich ähnlichen Grundformen entwickeln. Es blieb jetzt noch die Art der Befruchtung und der Fortpflanzung übrig, welche nach den älteren Beobachtungen bei Thieren und Pflanzen sehr wesentlich verschieden sein sollte. Je mehr man aber in neuerer Zeit in den Befruchtungsprocess der Pflanzen, namentlich in den gewisser Kryptogamen eingedrungen ist, um so mehr haben sich die Analogien zwischen Thieren und Pflanzen auch hier gemehrt.

Wenn man den wesentlichen Unterschied zwischen Thier und Pflanze auffinden will, muss man ihre Ernährung, ihren Assimilationsprocess, die Art ihres Wachsthums studiren.

Die Nahrungsmittel der Pflanzen sind Wasser, dann die Kohlensäure, die in der atmosphärischen Luft und im Wasser enthalten ist, endlich die Salze, welche im Wasser aufgelöst sind und gewisse stickstoffhältige Verbindungen, Salpetersäure, Ammoniak und andere Verbindungen, welche grossentheils mit Leichtigkeit so zerfallen, dass Ammoniak als eines ihrer Zersetzungsproducte gebildet wird. Was erzeugt die Pflanze aus diesen Körpern, woraus besteht der Pflanzenleib? Der Pflanzenleib besteht der grossen Masse nach aus Kohlehydraten, das heisst aus Körpern, welche so zusammengesetzt sind, dass man sie als Verbindungen des Kohlenstoffes mit Wasser ansehen kann, weil sie aus Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff bestehen, und die beiden letzteren in solchen Verhältnissen enthalten, dass sie gerade mit einander Wasser bilden; so, dass man diese Körper, wenn man nur ihre rohe Formel berücksichtigt, als Verbindungen von Kohlenstoff mit Wasser ansehen kann. Ausserdem enthalten die Pflanzen eine grössere oder geringere Menge von sehr hoch zusammengesetzten und verhältnissmässig niedrig oxydirten stickstoffhaltigen Verbindungen, Eiweisskörper, die wir später genauer kennen lernen werden. Endlich enthalten sie noch eine Reihe anderer stickstofffreier niedrig-oxydirter und zum Theil unoxydirter organischer Verbindungen, Fette, Harze und ätherische Oele. Wenn wir diese Bestandtheile der Pflanzen mit den Nahrungsmitteln derselben vergleichen, so finden wir, dass die Nahrungsmittel verhältnissmässig einfach zusammengesetzte Verbindungen sind, dabei hochoxydirt, wie Kohlensäure und Wasser und die Salze, dass dagegen die Endproducte, die daraus gebildet sind, ein hohes Atomgewicht haben, hoch zusammengesetzt und niedrig oxydirt sind. Nun haben wir früher gesehen, dass bei chemischen Processen, bei denen hochoxydirte und niedrig zusammengesetzte Substanzen in niedrig oxydirte und hoch zusammengesetzte umgewandelt werden, lebendige Kraft in Spannkraft umgesetzt wird, dass, wie man sich früher ausgedrückt hat, bei ihnen Wärme latent wird. Woher ist die Wärme gekommen, vermöge welcher Kohlensäure, Wasser, Salze und Ammoniakverbindungen in Kohlehydrate, Eiweisskörper, Fette, Harze und ätherische Oele umgewandelt worden sind? Sie ist nichts anderes als die atmosphärische Wärme, die Wärme der Sonnenstrahlen. Unter ihrem Einflusse wachsen die Pflanzen, und unter dem Einflusse ihrer Schwingungen werden, wie durch eben so viele Hammerschläge, die Theilchen aus ihrer Gleichgewichtslage herausgetrieben bis sich endlich die complicirten Verbindungen aufgebaut haben, aus denen der Pflanzenleib besteht. Wir können die Wärme, welche hiebei verbraucht worden ist, wieder

gewinnen, wenn wir den Pflanzenleib wiederum oxydiren, wenn wir ihn so mit Sauerstoff verbinden, dass die stickstofflosen Endproducte wieder Kohlensäure und Wasser sind. Das geschieht, wenn wir ihn verbrennen. Die Verbrennungswärme eines pflanzlichen Organismus ist die Wärme, welche er verbraucht hat, während er gewachsen ist. Wenn wir im Herbst Holz in unsere Holzlagen tragen, um im Winter damit einzuheizen, tragen wir die Sommerwärme, die Sonne, die im Sommer geschienen hat, hinein, um sie im Winter in unsern Zimmern wieder frei zu machen. Wir begnügen uns nicht allein mit der Wärme aus der neueren Zeit, sondern wir nehmen auch die Wärme der vorhistorischen Zeit mit in Anspruch, indem wir die Steinkohlen aus der Erde graben, und diejenige Wärme wieder frei machen, welche beim Wachsthum vorweltlicher Kalamiten und Araukarien verbraucht worden ist.

Aber auch freiwillig, wenn sie abgestorben sind, zerfallen die Pflanzenleiber wiederum in ähnliche Producte, wie diejenigen sind, aus denen sie entstanden. Sie zerfallen in Kohlensäure, Wasser und in stickstoffhaltige Substanzen, welche wiederum den Pflanzen zur Nahrung dienen können. Deshalb ist nicht nur die Pflanzenwelt als Ganzes unabhängig, indem die zerfallenden, die absterbenden Pflanzen, immer wieder die Nahrung für die neuen Pflanzen erzeugen, sondern man kann auch einzelne Pflanzen in einem geschlossenen Raume vegetiren lassen. Es ist dies verschiedene Male versucht worden. Man hat gewisse Pflanzen, die sich wegen ihrer Lebenszähigkeit dazu eignen, in eine hermetisch verschlossene Flasche eingeschlossen. Die Pflanze ist darin nicht gewachsen, sie hat nicht zugenommen, aber sie ist auch nicht ganz abgestorben, indem immer ein Theil daran abgestorben, daran verwest ist, und die Producte der Verwesung wieder dem übrigen zur Nahrung dienten, so dass wieder eine neue Knospe, ein neues Blatt getrieben wurde.

Ganz anders verhält es sich mit dem Lebensprocesse der Thiere. Die Nahrungsmittel der Thiere sind lauter hochzusammengesetzte und verhältnissmässig niedrig-oxydirte Körper. Es sind erstens die Eiweisskörper, welche entweder dem Leibe eines anderen Thieres, oder dem Leibe einer Pflanze entnommen werden, zweitens sind es die Fette, und drittens die Kohlehydrate. Diese Substanzen werden im thierischen Körper oxydirt, verbrannt. Die Zersetzungsproducte, die dabei entstehen, sind Kohlensäure, Wasser, etwas Ammoniak und eine grosse Menge von stickstoffhaltigen Substanzen, die bei ihrer weiteren Zersetzung wieder Ammoniak geben, und welche als Nahrungsmittel für die Pflanzen, als Düngungsmittel, gebraucht werden können: ja es ist von besonderem Interesse zu sehen, wie directe Versuche ergeben, dass gerade die im thierischen Körper entstehenden Zersetzungsproducte der Eiweisskörper einzeln und in ihrer Gesammtheit zur Pflanzenernährung geeignet sind, während viele andere stickstoffhaltige Verbindungen, wie Chinin, Cinchonin, Kaffein und Morphium es nicht sind. Also die Substanzen, welche der Pflanzenleib aufgebaut hat, werden vom Thierleibe in umgekehrter Richtung wieder zerstört. Der Lebensprocess der Thiere ist somit der diametrale Gegensatz des Lebensprocesses der Pflanzen. Die Pflanze wandelt durch ihren Lebensprocess lebendige Kraft in Spannkraft um und die Thiere wandeln durch ihren Lebensprocess umgekehrt Spannkraft in lebendige Kraft um. Die Thierwelt ist in Folge dieses Lebens-

processes nicht unabhängig von der Pflanzenwelt, denn jedes Thier muss direct oder indirect seine Nahrung der Pflanzenwelt entnehmen. Wenn der Wolf ein Schaf auffrisst, so frisst er in diesem nur die organischen Verbindungen, welche das Schaf der Pflanzenwelt entnommen hat. Dafür aber entwickeln die Thiere durch ihren Lebensprocess eine grössere oder geringere Menge von lebendiger Kraft, welche bei ihnen zur Erscheinung kommt als bewegende Kraft und als thierische Wärme. Durch diesen Gegensatz erklären sich nun auch die Unterschiede, welche man schon früher an Thieren und Pflanzen beobachtet hatte. Es erklärt sich daraus, dass die Bewegung eine häufigere, eine verbreitetere Erscheinung in der Thierwelt ist als in der Pflanzenwelt, denn die Thierwelt erzeugt durch ihren Lebensprocess als solchen bewegende Kraft, die Pflanzenwelt aber verbraucht bewegende Kraft. Die Pflanzenwelt athmet Kohlensäure ein und Sauerstoff aus, und die Thierwelt athmet Sauerstoff ein und Kohlensäure aus, weil in ihr ein fortwährender Verbrennungsprocess vor sich geht, und dieser fortwährende Verbrennungsprocess ist die Quelle der thierischen Wärme. Wenn auch in den Pflanzen bisweilen Wärme gebildet wird, so beruht dies auf zeitlich oder örtlich localisirten Verbrennungsprocessen. Man weiss, dass die meisten Pflanzen bei Nacht Kohlensäure ausathmen, und Sauerstoff einathmen, und man weiss, dass bisweilen locale Verbrennungsprocesse mit deutlicher Wärmebildung in den Pflanzen vor sich gehen: aber das sind nur Erscheinungen, die zeitlich oder örtlich begrenzt sind; wenn man den Process im Grossen und Ganzen betrachtet, so wird durch den Lebenslauf der Pflanzen Wärme verbraucht, durch den Lebenslauf der Thiere wird fortwährend Wärme gebildet. Auf diese Weise können wir also im Principe die Thierwelt und die Pflanzenwelt strenge von einander scheiden. Wir können sagen: Wenn das Resultat des ganzen Lebensprocesses Verbrauch von lebendiger Kraft ist, so haben wir es mit Pflanzen zu thun, wenn dagegen die Summe des ganzen Lebensprocesses Erzeugung von lebendiger Kraft repräsentirt, so haben wir es mit Thieren zu thun. Aber damit ist es uns noch nicht möglich, bei jedem einzelnen Organismus zu erkennen, ob er der Thierwelt oder der Pflanzenwelt zuzurechnen ist. Bei gewissen kleinen Organismen hat es die grössten Schwierigkeiten, zu ermitteln, ob sie lebendige Kraft in Spannkraft, oder Spannkraft in lebendige Kraft umwandeln, ob sie das Vermögen haben, wie die Pflanzen, mit Hülfe des Kohlenstoffs der Kohlensäure andere Kohlenstoffverbindungen aufzubauen, aus sogenannten anorganischen Substanzen organische zu bilden, oder ob sie, wie die Thiere, mit Nothwendigkeit mit organischen Substanzen genährt werden müssen.

Die thierische Wärme.

Wir haben gesehen, dass alle Thiere vermöge ihres Lebensprocesses Wärme erzeugen, und diese Wärme ist es, mit welcher wir uns zunächst beschäftigen wollen. Wir messen die Arbeit durch die Grösse eines Gewichtes, welches wir mit $m\,g$ bezeichnen, multiplicirt mit der Höhe h, zu welcher dieses Gewicht hinaufgehoben wird. Da nun bewegende Kraft nur dadurch in Wärme umgesetzt wird, dass die Bewegung von den ganzen Massen sich an die kleinsten Theilchen überträgt, so muss ich

auch für eine gewisse Arbeit eine gewisse Menge von Wärme bekommen, die mir umgekehrt, wenn ich sie in Arbeit zurückverwandeln würde, wieder dasselbe Quantum von Arbeit geben müsste. Ich könnte also die Wärme durch die Arbeit ausdrücken, welche ihr äquivalent ist. Ich könnte z. B. eine gewisse Menge von Wärme durch den Ausdruck ein Kilogrammmeter bezeichnen, indem ich darunter die Arbeit verstehe, welche nothwendig ist, um ein Kilogramm einen Meter hoch zu heben. Wenn ich mir 424 solche Wärmemengen zusammengetragen denke, so ist das nach sorgfältiger Vergleichung der von mehreren Beobachtern angestellten Versuche und Rechnungen so viel, wie ich brauche, um 1 Kilogramm Wasser von 0⁰ auf 1⁰ Celsius zu erwärmen. Hiemit habe ich eine Wärmeeinheit, nach der ich die Wärme messen kann. Nun ist es aber anderseits klar, dass ich durch einen bestimmten chemischen Process eine bestimmte Wärmemenge bekommen muss, ich muss z. B. dadurch, dass ich ein Gramm Alkohol verbrenne, eine bestimmte Menge Wärme bekommen, und immer dieselbe, der Verbrennungsprocess mag verlaufen wie er will, wenn nur die Endproducte dieselben sind, und der verbrauchte Sauerstoff im freien Zustande vorhanden war; denn, indem die Atome aus einer bestimmten alten Stellung in eine bestimmte neue Stellung übergehen, muss immer eine bestimmte Menge lebendiger Kraft erzeugt werden, gleichviel auf welchem Wege und in welcher Zeit sie in die neue Stellung gelangen. Diese Wärmemenge kann ich an Wasser von 0⁰ übertragen, und kann die Erwärmung messen, welche ich dadurch erhalte, und kann so nun wieder die Wärmemenge bestimmen, die mir ein Gramm Alkohol oder Aether oder Leuchtgas gibt. Das älteste und einfachste Instrument, das hiezu diente, war das Rumford'sche Calorimeter. Es beruht darauf, dass die Verbrennungsproducte durch ein Schlangenrohr geleitet werden, das mit destillirtem Wasser umgeben ist, damit sie ihre Wärme an das letztere abgeben, und dass man dann aus der bekannten Menge des Wassers und aus dessen Temperaturerhöhung die abgegebene Wärmemenge bestimmt. Nun denken Sie sich, Sie hätten zwei solche Calorimeter, ganz gleich beschaffen, aber in das eine füllten Sie statt des Wassers das gleiche Gewicht an Quecksilber von der gleichen Temperatur. Unter beiden verbrennen Sie eine gleiche Menge von Alkohol. Dann übertragen Sie an das Wasser und an das Quecksilber gleiche Wärmemengen. Es fragt sich nun, sind Wasser und Quecksilber nach Beendigung des Versuches im gewöhnlichen Sinne des Wortes auch gleich warm, wie sie anfangs gleich warm waren? Was heisst das, sie sind gleich warm? Lange, ehe man daran gedacht hat, Wärme zu messen, hat man sogenannte Temperatur gemessen, das heisst, man hat Quecksilber, Weingeist, Luft in Röhren eingeschlossen, und diese in die zu untersuchenden Medien eingesenkt, und nun versucht, wie weit sie sich ausdehnen, indem man ein Zeichen gemacht hatte, da wo ihre Volumgrenze bei 0⁰, und da wo ihre Volumgrenze bei der Temperatur des siedenden Wassers war: den Raum zwischen diesen Punkten, zwischen Gefrierpunkt und Siedepunkt des Wassers, theilte man in 80 oder 100 gleiche Theile. Was misst man eigentlich hier? Man misst offenbar keine Wärmemengen, sondern man misst nur die Grenze, bis zu welcher ein Körper Wärme an einen andern abgibt. Wenn ein Körper längere Zeit mit einem andern in inniger Berührung ist, so muss offenbar ein Zeitpunkt eintreten, wo die sich bewegenden kleinsten Theilchen des einen

keine lebendige Kraft mehr an die des andern übertragen, und wenn dieser Zeitpunkt eingetreten ist, so sagt man, sie haben gleiche Temperatur. Wenn Sie nun dem Quecksilber und dem Wasser gleiche Wärmemengen zugeführt haben, nachdem sie ursprünglich gleiche Temperatur hatten, und in jedes von beiden ein Weingeistthermometer einsenken, so finden Sie, dass die beiden Flüssigkeiten keineswegs gleich warm sind, Sie finden vielmehr, dass Sie dem Wasser etwa dreissigmal so viel Wärme zuführen müssen, ehe es auf dieselbe Temperatur kommt, auf welcher Sie das Quecksilber schon nach dem ersten Versuche gefunden haben. Wenn Sie statt des Weingeistthermometers, ein Luftthermometer oder endlich ein Quecksilberthermometer anwenden, so finden Sie immer dasselbe Resultat. Es liegt dies also nicht in einem gewissen Verhältnisse des einen oder des andern Mediums zum Weingeist, oder zur atmosphärischen Luft oder zum Quecksilber; sondern es liegt in einer Eigenschaft der beiden Flüssigkeiten als solcher, und diese Eigenschaft bezeichnet man mit dem Namen der Wärmecapacität. Mit dem Namen der Wärmecapacität bezeichnet man die Fähigkeit eines Körpers, grössere oder geringere Mengen von Wärme aufzunehmen, ehe sich seine Temperatur von 0^0 auf 1^0 erhöht, und die Wärmemenge, welche er zu diesem Zwecke aufnehmen muss, bezeichnet man mit dem Namen der specifischen Wärme, indem man die specifische Wärme des destillirten Wassers gleich 1 setzt, und die der übrigen Körper auf dieselbe zurückführt.

Wenn wir also die Wärme im thierischen und menschlichen Körper betrachten, so müssen wir wohl unterscheiden die Wärmemengen, welche in demselben erzeugt, und welche von demselben abgeführt werden, und die Temperaturen, welche sich im Körper finden. Wenn es z. B. heisst, der menschliche Körper hält im gesunden Zustande seine Temperatur constant, so ist damit keineswegs gesagt, dass er seine Wärmemenge constant erhält, im Gegentheile, je nach der Temperatur des umgebenden Mediums gibt er mehr oder weniger Wärme ab, so dass die Gesammtsumme der Wärme sich vermindert oder vermehrt, nur die Temperatur seiner inneren Theile hält dem äusseren Wechsel gegenüber bis zu einem gewissen Grade Stand. Die Wärmemenge in den äusseren Theilen nimmt ab und zu, und mit ihr deren Temperatur.

Die thierische Wärme stammt, wie wir gesehen haben, aus der Summe der chemischen Processe, welche im lebendigen Körper stattfinden. Man hat darüber gestritten, ob die Wärme ausschliesslich aus der Respiration stamme. Dies ist eine Frage, die man mit Ja und mit Nein beantworten kann. Wenn man unter Respiration einen bestimmten abgegrenzten, etwa über das Blut oder gar nur über die Lunge verbreiteten Oxydationsprocess versteht, so stammt daraus nicht alle Wärme: wenn man aber Respiration im weitesten Sinne des Wortes nimmt, und darunter die Summe der chemischen Processe begreift, welche im lebenden Körper stattfinden, so ist diese es allerdings, aus der sämmtliche Wärme stammt. Man hat sich hievon durch den Versuch überzeugen wollen, ist aber dabei zu keinem rechten Resultate gekommen. Man hat Thiere in Blechkästen mit doppelten Wänden gesetzt, die mit Wasser gefüllt und mit schlechten Wärmeleitern umgeben waren. Die Thiere mussten also die Wärme, die sie abgaben, zunächst durch die Wand an das Wasser übertragen, und da wurden sie durch die schlechten Wärmeleiter so viel als

möglich zurückgehalten. Man konnte also aus der Temperaturerhöhung des Wassers die Menge der Wärme bestimmen, die das Thier innerhalb einer gegebenen Zeit abgegeben hatte. Andererseits suchte man aus den Respirationsproducten die Wärme zu bestimmen, welche die Thiere auf chemischem Wege während derselben Zeit bilden konnten. Man fand dabei immer ein Deficit, man fand immer, dass die Thiere mehr Wärme abgegeben hatten, als sie der Rechnung nach hatten bilden können. Aber gegen diese Versuche sind wesentliche Einwürfe zu machen. Erstens ist es nicht richtig, dass die Thiere ihre Wärmemenge in dem Calorimeter constant erhalten, wenn sie auch die Temperatur ihrer inneren Theile constant hielten. Ihre Ohren, ihre Pfoten, kurz ihre äusseren Theile, die der umgebenden Temperatur mehr ausgesetzt waren, erkalteten bei solchen Versuchen: die Wärmemenge war also am Ende des Versuches geringer, als am Anfange desselben. Zweitens aber lässt sich auch wesentlich Einrede machen gegen die Art, wie die Rechnung angestellt worden ist. Man kann aus den Respirationsproducten nicht bestimmen, wie viel Wärme das Thier bilden konnte, denn die wahre Verbrennungswärme eines Körpers stimmt nicht mit derjenigen überein, welche man berechnet, wenn man annimmt, dass seine oxydablen Elemente sich im freien Zustande mit dem Sauerstoffe verbunden hätten. Wenn z. B. ein Körper, der aus Kohlenstoff und Wasserstoff besteht, verbrennt, so bildet er nicht nothwendig dieselbe Wärmemenge, welche man durch Rechnung findet, wenn man sich denkt, dass sich der Kohlenstoff mit dem Sauerstoffe der atmosphärischen Luft zu Kohlensäure, und der Wasserstoff mit dem Sauerstoffe der atmosphärischen Luft zu Wasser verbunden hätte. Das ist erfahrungsgemäss nur ausnahmsweise bei einzelnen Körpern, z. B. beim Weinalkohol näherungsweise der Fall. Endlich muss man sich aber sagen, dass diese ganzen Versuche im Principe anzugreifen sind. Bei diesen ganzen Rechnungen wird offenbar das Gesetz von der Erhaltung der Kraft vorausgesetzt: denn wenn ich das Gesetz von der Erhaltung der Kraft nicht als richtig voraussetze, dann kann ich aus den Respirationsproducten keine Wärme berechnen wollen. Dann wäre es ja möglich, dass ein Gramm Kohlenstoff einmal mehr, das andere Mal weniger Wärme gibt, je nachdem er langsam oder schnell verbrennt. Wenn ich aber dieses Gesetz anerkenne, dann kann ich mir derartige Versuche ersparen, denn dann versteht es sich von selbst, dass keine Wärme aus nichts entsteht, sondern dass sie nur durch chemische oder mechanische Processe entstehen kann, die im Körper vor sich gehen.

Homöotherme und poikilotherme Thiere.

Bei der verschiedenen Intensität, mit welcher der Oxydationsprocess in den Thieren vor sich geht, und bei den verschieden günstigen Bedingungen, in denen sie sich befinden, um ihre Wärme zusammenzuhalten, sollte man auf den ersten Anblick glauben, dass es Thiere von allen möglichen Temperaturen gibt, ohne eine bestimmte Grenze, und doch ist ein auffallender Unterschied vorhanden, der schon den alten Zoologen auffiel, und nach dem sie die Thiere im Grossen und Ganzen in warmblütige und in kaltblütige eintheilten. Wir nennen die warmblütigen jetzt homöotherme: das soll aussagen, dass es solche Thiere sind,

welche dem äusseren Temperaturwechsel gegenüber die Temperatur ihrer inneren Theile im normalen Zustande näherungsweise constant erhalten. Diejenigen Thiere, die man sonst als kaltblütige bezeichnete, nennen wir jetzt poikilotherme, wechselwarme, was nichts anderes ausdrücken soll, als dass nicht nur die Temperatur ihrer äusseren, sondern auch die ihrer inneren Theile mit der Temperatur des umgebenden Mediums schwankt.

Worauf beruht nun dieser wesentliche Unterschied zwischen homöothermen und poikilothermen Thieren? Dieser Unterschied beruht darauf, dass die einen relativ viel Wärme bilden, und sich unter relativ günstigen Umständen befinden, um diese ihre Wärme zusammenzuhalten, und die anderen, die kaltblütigen Thiere, entweder wenig Wärme bilden, oder sich unter ungünstigeren Verhältnissen für das Zusammenhalten ihrer Wärme befinden. Im ersteren Falle muss sich die Temperatur bedeutend über die des umgebenden Mediums erheben, und ein solches warmblütiges Thier kann Wärmeverluste bis zu einem gewissen Grade ertragen, ehe die Temperatur seiner inneren Theile sinkt. Bei den kaltblütigen Thieren dagegen, die wenig Wärme bilden, muss die Temperatur schon deshalb mit der des umgebenden Mediums wechseln. Andere, die, wie die Insecten, mehr Wärme bilden, sind deshalb wechselwarm, weil sie bei ihrer Kleinheit und relativ grossen Körperoberfläche die gebildete Wärme zu rasch wieder verlieren.

Thermometer.

Die Instrumente, mit welchen wir die Temperatur messen, sind bekanntlich einerseits das Thermometer, und andererseits die Thermosäule mit dem Thermomultiplicator. Letztere wollen wir hier vorläufig nicht in Betracht ziehen, weil sie mehr dazu dient, kleine Unterschiede von Temperaturen zu messen, als dazu, um Temperaturen numerisch festzustellen. Um letzteres handelt es sich zunächst für uns, und deshalb ist jetzt für uns das wichtigere Instrument das Thermometer. Das Thermometer ist auch heutzutage in der Hand des Arztes ein unentbehrliches Instrument, weil es sich gezeigt hat, dass die Temperaturbeobachtungen in Krankheiten sowohl in diagnostischer als in prognostischer Beziehung von grösster Wichtigkeit sind.

Bis zu welchem Grade der Feinheit soll ein für praktisch medicinische Zwecke brauchbares Thermometer eingetheilt sein? Wenn es sich um rein praktische Untersuchungen handelt, so genügt es immer, wenn man Zehntel-Grade ablesen kann. Handelt es sich um mehr, sollen Hunderttel-Grade bestimmt werden, so ist es nicht gerade nöthig, dass die Thermometer in Hunderttel von Graden eingetheilt sind. Man kann auch hier mit einem in Zehntel-Grade getheilten auskommen. Wer überhaupt Untersuchungen machen will, bei denen es auf Hunderttel-Grade ankommt, wird sich auch schon eine solche Uebung im Schätzen von Bruchtheilen eines Grades an der Thermometerscala verschafft haben, dass es ihm nicht schwer sein wird, die Hunderttel zu schätzen, wenn die Zehntel-Grade hinreichend gross an der Thermometerscala angegeben sind. Ist dies der Fall, so irrt sich ein Geübter nicht leicht um ein Hunderttel eines Grades. Besitzt man nur ein Thermometer, das in ganze Grade getheilt ist, so ist man darauf angewiesen, die Zehntel zu schätzen. Dazu ist es wieder nöthig, dass die Grade hinreichend gross seien.

Welche Mittel gibt es, um die Thermometergrade hinreichend gross zu machen?

Zwei Mittel: man kann entweder das Thermometerrohr sehr dünn oder die Thermometerkugel sehr gross machen. Beides aber hat seine Unannehmlichkeiten. Wenn man einen sehr dünnen Quecksilberfaden hat, so sieht man ihn schlecht, was namentlich am Krankenbette bei der oft mangelhaften Beleuchtung Schwierigkeiten bereitet. Man hat deshalb Thermometerröhren, in deren Lumen der Querdurchschnitt nicht einen Kreis, sondern eine Ellipse von sehr ungleichen Axen, und die grosse Axe die Breite des Quecksilberfadens, oder hier richtiger des Quecksilberbandes darstellt. Dadurch wird allerdings das Quecksilber besser sichtbar, aber leider sind diese Röhren unregelmässiger im Kaliber, als die drehrunden. Mit nicht geringeren Schwierigkeiten kämpft man, wenn man die Thermometerkugel sehr gross machen will. Dann dauert es sehr lange, bis die ganze Quecksilbermasse die Temperatur des Körpers annimmt, und nach vielfach wiederholtem Ablesen bemerkt man noch immer ein geringes Steigen. Man hat deshalb den Mittelweg ergriffen: man macht das Quecksilberreservoir mässig gross, und gibt ihm dabei eine cylindrische Form, damit es eine grössere Oberfläche hat, mit der es mit den Körpertheilen in Berührung kommt. Wie soll man das Thermometer controliren? Um zu sehen, ob die Temperatur höher als die normale, oder niedriger als die normale, ist jedes Thermometer gut, das man einige Zeit im Gebrauche hat, und dessen Angaben man an gesunden Menschen geprüft. Aber diese relativen Temperaturbestimmungen genügen dem Arzte nicht, er will, dass seine Beobachtungen, mit denen Anderer vergleichbar sind, er will nicht nur relative Temperaturen bestimmen, sondern er will die wahre Temperatur bestimmen. Wenn man sich in einer grösseren Stadt befindet, ist es im ganzen nicht schwer, sich eine Controle zu verschaffen. Man vergleicht sein Instrument mit den in den physikalischen Instituten, meteorologischen Anstalten, Sternwarten u. s. w. aufgestellten Normalinstrumenten. Anders verhält es sich aber, wenn man darauf angewiesen ist, es für sich selbst und unabhängig zu prüfen. Die ungenauen Angaben stammen bekanntlich zum Theile aus den Ungleichmässigkeiten im Kaliber der Röhren. Wo man keine Gelegenheit hat, den Theil der Scala, den man braucht, mit einem gut kalibrirten Normalthermometer Grad für Grad zu vergleichen, ist man genöthigt, selbst durch Kalibriren zu controliren. indem man ein durch einen Ruck abgetrenntes kurzes Quecksilbersäulchen die Scala nach und nach durchwandern lässt, und wenn es sich um seine ganze Länge verschoben hat, die letztere jedesmal genau misst. Darnach bringt man die nöthigen Correctionen an. Andere oft grössere Fehler wurzeln in der Bestimmung der Normalpunkte, des Thaupunktes, das soll heissen des Schmelzpunktes des Eises oder, wie man auch sagt, des Gefrierpunktes, und des Siedepunktes, und man muss deshalb ein Mittel haben, beide richtig zu bestimmen. Der Thaupunkt wird im Allgemeinen im schmelzenden Eise bestimmt. Wenn man aber zu viel Wasser und zu wenig Eis hat, so findet man den Thaupunkt etwas zu hoch, und er ist auch bei vielen käuflichen Thermometern zu hoch bestimmt. Man hat deshalb in neuerer Zeit vorgeschlagen, unterkühltes Wasser anzuwenden, und zum Gefrieren zu bringen. Man kann bekanntlich Wasser, wenn man es ruhig erhält, in einer Kältemischung unter 0^0 erkälten. In solches Wasser

steckt man das Thermometer, und wirft ausserdem einen Eiskrystall hinein. Dann gefriert es plötzlich. Beim Uebergange vom flüssigen Zustand in den festen wird aber Spannkraft in Wärme umgesetzt, es wird Wärme frei, und diese erwärmt das Wasser gerade bis auf die Temperatur von 0°.

Den Siedepunkt controlirt man in den Dämpfen, die von siedendem Wasser aufsteigen. An vielen Thermometern ist der Siedepunkt zu hoch bestimmt, weil man ihn nicht in den Dämpfen, die vom siedenden Wasser aufsteigen, abgenommen hat, sondern in diesem selbst. Man kann Wasser bis über die Temperatur von 100° erhitzen, ehe es zum Sieden kommt, und dann entwickeln sich plötzlich stossend grosse Gasblasen, indem sich im unteren Theile des Gefässes plötzlich, und mit einer Explosion eine grössere Wassermenge in Dampf verwandelt. Man kann das sehr deutlich bemerken, wenn man bei gewöhnlichen chemischen Versuchen in einer Eprouvette eine Flüssigkeit kocht. Hält letztere Gase aufgelöst, so kommt sie zum regelmässigen Sieden; entfernt man sie aber, nachdem sie eine Weile gekocht hat, von der Flamme, und bringt sie dann wieder über dieselbe, so dauert es längere Zeit, ehe sie wieder siedet, und dann beginnt das Sieden mit plötzlicher, stossender Explosion. Wasser erhitzt sich bei diesem Versuche oft um mehrere Grade über 100.

Man macht sich deshalb folgenden Apparat. Man verschliesst einen weithalsigen gläsernen Kolben mit einem Stöpsel, der drei Durchbohrungen hat. In die zwei seitlichen steckt man Glasröhren, die man rechtwinkelig abbiegt. Sie sollen dazu dienen, die Dämpfe des siedenden Wassers so entweichen zu lassen, dass man durch sie beim Ablesen nicht behindert ist. Durch die mittlere Durchbohrung steckt man eine Röhre, in die mittelst eines kleinen Korks das Thermometer eingepasst, und die unten mit einem Läppchen Tüll oder Gaze verschlossen ist. Sie wird so weit hinabgesenkt, dass sie sich noch in einiger Entfernung vom Niveau des destillirten Wassers befindet, das man in den Kolben hineingegossen hat. Man bringt das Wasser zum Sieden, und während es regelmässig siedet, und der Dampf entweicht, liest man das Thermometer ab. Ist der Siedepunkt schon bestimmt, so controlirt man eben durch Ablesen; soll man aber den Siedepunkt erst bestimmen, soll man ein Thermometer machen, so befeuchtet man den oberen herausragenden Theil der Röhre, und legt an ihn ein ganz kleines Stückchen Siegellack, das durch die Feuchtigkeit darauf festgehalten wird. Man verschiebt es so lange, bis es auf dem Siedepunkt steht. Dann nimmt man das Thermometer heraus, und geht damit ein paar Mal über einer Spiritusflamme hin und her, so dass das Siegellack festschmilzt. Dann steckt man das Thermometer von Neuem in die Röhre hinein, und corrigirt, während das Wasser im Kolben siedet, mit dem Messer so lange am Siegellack, bis es ganz genau den Stand des Quecksilbers anzeigt. Man hat dabei den Stand des Barometers zu berücksichtigen, indem 100° die Siedepunktstemperatur für den Normaldruck von 760 Millimeter ist.

Man liest, wenn man den Siedepunkt bestimmt hat, das Barometer ab und addirt für jeden Millimeter Quecksilberdruck über 760 bei Anwendung der Scala von Celsius $\frac{1}{27}$ eines Grades zu 100° hinzu, für jeden an 760 Millimeter fehlenden Millimeter Quecksilberdruck zieht man $\frac{1}{27}$ eines Grades von 100° ab, um die wahre Siedepunktstemperatur zu finden.

Es ist übrigens nöthig, ein Quecksilberthermometer, wenn man es auch im neuen Zustande controlirt hat, später, wenn man es brauchen will, wieder zu controliren, weil sich die Thermometer mit der Zeit ändern, und zwar so, dass sich ihre Anzeigen später als zu hoch erweisen. Gourdon bemerkte dies zuerst. Nachher hat namentlich Bellani darüber gearbeitet. Man nennt deshalb diesen Fehler auch den Bellanischen Fehler. Bei der Controle gilt die Regel, erst den Siedepunkt neu zu bestimmen, und erst nach einigen Tagen den Thaupunkt, weil die Bestimmung des Siedepunktes als solche eine vollständig oder theilweise wieder verschwindende Aenderung in der Lage des Thaupunktes herbeizuführen pflegt.

Temperatur der Thiere und des Menschen.

Wir gehen nun zu den numerischen Resultaten über, welche man über die Temperatur der inneren Theile bei verschiedenen Thieren und beim Menschen erhalten hat. Bei den Thieren existiren keine grösseren Versuchsreihen, mit Ausnahme vom Hund und Kaninchen, wo eben vielfältig für physiologische Zwecke und bei physiologischen Versuchen Temperaturen bestimmt worden sind. Es ist deshalb auch schwer zu sagen, welches von den Säugethieren das wärmste, und welches das kälteste ist. Die höchsten Temperaturen hat man bei Mus musculus gefunden, und bei Vespertilio pipistrellus, 41,1, dann auch bei Canis lagopus 40—41,1; die niedrigsten Temperaturen hat man gefunden bei Canis lupus 35, 24, bei Simia sabæa und Delphinus phocæna 35,5. Es ist auffallend, dass bei zwei Repräsentanten des Hundegeschlechtes einmal die niedrigste Temperatur gefunden wurde, und das andere Mal nahezu die höchste. Es muss aber bemerkt werden, dass nach den Erfahrungen, die man an den Haushunden gemacht hat, bei ihnen die Wärmeregulirung eine verhältnissmässig unvollkommene ist, so dass bei den Haushunden viel grössere Schwankungen vorkommen, und viel leichter Schwankungen eintreten, als dies z. B. beim Menschen der Fall ist. Die Temperatur der Vögel liegt im Allgemeinen höher. Die höchsten Temperaturen sind bei Parus und Hirundo, 44,03 gefunden worden, demnächst beim Falken 43,18. Die niedrigsten Temperaturen sind bei Larus 37,8 und bei Tetrao albus 38,9 gefunden worden. Das Vermögen der Säugethiere und des Menschen, ihre Temperatur der des äusseren Mediums gegenüber constant zu erhalten, ist kein unbegrenztes. Wenn dem Körper viel Wärme entzogen wird, so erniedrigt sich auch die Temperatur der inneren Theile, und, wenn dies einen gewissen Grad überschreitet und längere Zeit dauert, so geht das Thier zu Grunde. Es ist hiezu nicht etwa nöthig, dass die innere Temperatur auf 0° sinke.

Wesentlich anders verhält sich eine bestimmte Reihe von Säugethieren, die sogenannten Winterschläfer, als welche das Murmelthier, der Siebenschläfer, die Haselmaus u. s. w. bekannt sind. Diese zeigen sich insofern empfindlicher gegen die äussere Temperatur, als die Temperatur ihrer inneren Theile leichter schwankt. Wenn sich die der atmosphärischen Luft erniedrigt, so fallen sie in einen eigenthümlichen Erstarrungszustand, bei welchem der ganze Stoffwechsel auf ein sehr geringes Maass herabgesetzt ist, und in dem sie längere Zeit ausharren können, ohne zu

sterben, oder auch nur einen Nachtheil davonzutragen. Das ist eben der Zustand des Winterschlafes, in dem sie den grössten Theil des Winters in Erd- oder Baumlöchern versteckt zubringen, um im Frühling wieder zu neuem Leben zu erwachen. Sie verfallen meist in Schlaf, wenn ihr Körper auf + 5° erkaltet ist. Wird ihr Körper durch starke Kälte bis unter 0° erkaltet, so sterben die Thiere. Wenn man sie im Winter in einem warmen Zimmer hält, so fangen sie auch an zu schlafen, aber sie schlafen nicht so andauernd und fest, wie sie im Freien geschlafen haben würden. Wenn man winterschlafende Thiere im Winter aus der Kälte in die Wärme bringt, so erwachen sie regelmässig. Wenn die Thiere im Frühling aus dem Winterschlafe erwachen, so ist ihre Respiration eine sehr lebhafte, und ihr Nahrungsbedürfniss ein sehr grosses, und damit erheben sie in sehr kurzer Zeit ihre Temperatur wiederum auf das gewöhnliche Maass anderer Säugethiere, auf die Normaltemperatur, welche sie während des ganzen Sommers behalten.

Die Temperatur der kaltblütigen Thiere wechselt, wie gesagt, mit der des umgebenden Mediums. Bei denjenigen Amphibien, welche eine geringe Körpermasse und eine feuchte Hautoberfläche haben, erhebt sich die Temperatur, so lange sie nicht in grösserer Menge zusammengehäuft sind, um ein geringes über die des umgebenden Mediums. Bei Fröschen betrug die Differenz für gewöhnlich nur 0,04° bis 0,05°; nur während der Begattung stieg sie auf 0,25° bis 1°. Bei denjenigen Amphibien aber, die eine grössere Körpermasse haben, und die ausserdem durch Schuppen, also durch eine trockene Bedeckung, besser gegen Wärmeabgabe geschützt sind, als dies bei den nackten Amphibien der Fall ist, erhebt sich die Temperatur oft recht bedeutend über die des umgebenden Mediums. Die grösste Temperaturerhöhung, die an kaltblütigen Thieren beobachtet ist, wurde von Valenciennes an einem Python bivittatus gesehen, dessen Wärme sich 10—12° über die atmosphärische erhob. Er lag zusammengerollt zwischen Decken und bebrütete seine Eier. Es ist begreiflich, dass hier, wo die Wärme eines verhältnissmässig grossen Thieres, wenn dieselbe auch langsam gebildet wurde, wie dies bei den kaltblütigen Wirbelthieren im Allgemeinen der Fall ist, durch die schlechten Wärmeleiter, die Decken, zusammengehalten wurde, sich die Temperatur so weit über die der Atmosphäre erheben konnte.

Auch bei Fischen ist eine Temperaturerhöhung beobachtet worden: bei einem Hai von 1,3°, und bei Pelamys Sarda von 1,6°. Die Beobachtungen an frisch gefangenen Fischen sind im hohen Grade unsicher, weil die Thiere sich kurz vorher in einer wärmeren Meeresströmung aufgehalten haben können; nur die Beobachtungen an solchen, die in Wasser von constanter und gleichmässig vertheilter Temperatur gehalten worden sind, verdienen Vertrauen.

Unter den wirbellosen Thieren befindet sich eine Abtheilung, welche durch die Lebhaftigkeit ihres Stoffwechsels ausgezeichnet ist. Es sind dies die Insecten. Die Insecten haben einen so lebhaften Stoffwechsel, dass, wenn man sie nach diesem beurtheilen sollte, man sie zu den warmblütigen Thieren rechnen müsste. Sie sind aber doch poikilotherm, wechselwarm, ihre Temperatur ändert sich mit der des umgebenden Mediums, weil eben die Thiere zu klein sind, um ihre Wärme zusammen-

halten zu können. Die Wärmeproduction ist cæteris paribus proportional der Masse, die Wärmeabgabe ist proportional der Oberfläche. Je kleiner also ein Thier ist, in um so ungünstigeren Verhältnissen befindet es sich, um die Wärme, die es bildet, zusammenzuhalten. Wenn man deshalb das einzelne Insect beobachtet, so findet man nur geringe Temperaturerhöhungen über die des umgebenden Mediums, wohl aber kann man deren sehr bedeutende beobachten, wenn die Thiere zusammengehäuft sind, so dass die Wärme, die das eine abgibt, dem anderen wieder zu Gute kommt. Das ist in den Bienenstöcken der Fall. Der berühmte Bienenwirth Huber fand in den Bienenstöcken im Winter 30—32° Celsius, im Sommer 33—36°, und zur Zeit des Schwärmens sogar 40°, also eine Temperatur, die selbst die gewöhnliche Temperatur des Menschen übersteigt.

Wenden wir uns jetzt zur Temperatur des Menschen im Besonderen. Die Temperaturmessungen an Säugethieren sind meist gemacht worden, indem man das Thermometer in den Mastdarm einsenkte, zum Theil auch, indem man es direct zwischen die Eingeweide, in die Höhlen des Körpers brachte, zwischen die Muskeln u. s. w. Beim Menschen ist man in Rücksicht der Temperatur der inneren Theile auf drei Arten von Messungen angewiesen, entweder man misst die Temperatur im Mastdarm, oder bei Weibern in der Scheide, oder endlich drittens man misst die Temperatur des ausfliessenden Urins, nachdem man vorher das Gefäss, in welches der Urin gelassen wird, auf näherungsweise 38° Celsius erwärmt hat, damit der Urin, wenn er in dasselbe hineinfliesst, nicht gleich eine grössere Menge von Wärme abgebe. Wenn man alle die Zahlen, die auf diese Weise gewonnen sind, zusammennimmt, und diejenigen von solchen Beobachtern ausscheidet, die überhaupt immer sehr hohe Zahlen angeben (woraus hervorgeht, dass sie ein fehlerhaftes Instrument hatten), kommt man zu dem Resultate, dass die Normaltemperatur der inneren Theile des Menschen zwischen 37,25° und 38° Celsius liegt. Die Differenz zwischen beiden Zahlen ist für die etwa drei Viertheile eines Grades betragende tägliche Schwankung gerechnet.

Da sich grössere Reihen von Messungen zu praktisch medicinischen Zwecken nur ausnahmsweise auf eine von diesen drei Arten gut anstellen lassen, so hat man statt dessen Mundhöhlentemperaturen und Achselhöhlentemperaturen abgenommen. Die Mundhöhlentemperaturen wurden so abgenommen, dass das Thermometer erst einige Zeit in der Mundhöhle gehalten wurde, bis es beim Ablesen von 5 zu 5 Minuten keine merkliche Steigerung mehr zeigte, dann veränderte man seinen Ort, indem man es noch unter die Zunge legte, und nun noch abwartete, ob ein weiteres Steigen eintrat, dann wiederum von 5 zu 5 Minuten ablas, bis die Zahl constant blieb. Es sind ganze Reihen von Beobachtungen von John Davy, von Hallmann und von Gierse, dann auch von Lichtenfels und Fröhlich angestellt worden. Beistehend sind die Mittelzahlen aus den Beobachtungen der drei ersteren, nach einer von Helmholtz gegebenen Tabelle zusammengestellt.

J. Davy		Hallmann.		Gierse	
7^h . . .	36, 94	$7—8^h$ . .	36, 63	$7—8^h$ . .	36, 98
Frühstück		Vor d. Aufstehen		Frühstück	
9^h . . .	36, 89	$8—9^h$ . .	36, 80	$8—9^h$ . .	37, 08
11^h . . .	36, 89	Kaffee		$9—11^h$ . .	37, 23
2^h . . .	37, 05	$9—10\frac{1}{2}^h$ . .	37, 36	$11—2^h$ . .	37, 13
4^h . . .	37, 17	$10\frac{1}{2}—2^h$ . .	37, 21	Mittagessen	
5^h . . .	37, 05	Mittagessen		2^h . .	37, 50
Mittagessen		$5\frac{1}{2}—7^h$ . .	37, 31	$3—6^h$ . .	37, 43
$6\frac{1}{2}^h$ . . .	36, 83	Abendessen		$6—10^h$ . .	37, 29
$7\frac{1}{2}^h$ . . .	36, 50	$7\frac{1}{2}—9^h$ . .	37, 00	nach 11^h .	36, 81
Thee		$9—12^h$ . .	36, 70		
11^h . . .	36, 72				
1^h . . .	36, 44				

Lichtenfels und Fröhlich, die sehr ausgedehnte Versuchsreihen anstellten, fanden das Minimum am Morgen nach dem Erwachen, dann stieg die Temperatur nach der Einnahme des Morgenkaffees bis gegen 10 Uhr, sank ein wenig, stieg wieder, sank dann noch einmal vor dem Essen, um sich nach demselben zu erhöhen, und zwischen 4 und 5 Uhr das Maximum zu erreichen, von dem sie langsam herabsank. Durch den Abendkaffee wurde sie noch einmal vorübergehend gehoben, um dann während der Nacht auf das Minimum herunterzusinken. Wenn man alle die verschiedenen Beobachtungen ansieht, so kommt man zu dem Resultate, dass das Minimum der Temperatur in die Nachtzeit, gegen Morgen fällt, und das Maximum in die Nachmittagszeit. Dieses Maximum ist keineswegs immer abhängig von der Hauptmahlzeit. Bei Davy ging die Temperatur nach derselben herunter. Vintschgau hat an Hunden während der Verdauung sowohl im Magen als auch im Mastdarm eine Temperaturerniedrigung gefunden. Nach Lichtenfels und Fröhlich gibt die 3. Stunde nach der ersten Nahrungseinnahme fast genau das Mittel für 24 Stunden.

Es muss noch bemerkt werden, dass alle in der Tabelle aufgeführten Zahlen niedriger sind, als sie erhalten sein würden, wenn die Temperatur der inneren Theile abgenommen worden wäre, und man hat den Mundhöhlentemperaturen vorgeworfen, dass sie ziemlich grossen Schwankungen unterliegen je nach der Temperatur der Atmosphäre. Das war der Grund, warum man in neuerer Zeit vorgezogen hat, die Temperatur in der Achselhöhle abzunehmen, das heisst, das Thermometer in die Achselhöhle zu legen, und nun den Arm an den Körper anzuschliessen, so dass das Thermometer ringsum von den Körpertheilen umschlossen ist. Es muss aber bemerkt werden, dass auch diese Achselhöhlentemperaturen, wenn sie vielleicht auch constanter und verlässlicher sind, als die Mundhöhlentemperaturen, doch keineswegs die Temperatur der inneren Theile geben. Es stellt sich bei einigen Beobachtungen die Differenz von 1 bis 4 Zehntheilen, bei anderen Beobachtungen die Differenz von 3—5 Zehntheilen heraus. Also auch die Achselhöhlentemperatur kann, wenn sie auch mit Sorgfalt abgenommen wird, $\frac{1}{2}$ Grad unter der Temperatur der inneren Theile liegen, und liegt thatsächlich immer mehr oder weniger unter der Temperatur der inneren Theile. Bei dieser

Angabe sind nur die gewöhnlichen Fälle berücksichtigt worden. Bisweilen stellt sich der Unterschied noch höher, bis 0,8. Bei älteren Beobachtern finden sich sogar Differenzen von 1° und darüber, was aber wohl nur daran liegt, dass man das Thermometer nicht lange genug in der Achselhöhle gelassen hatte, oder dass sie nicht gut und dauernd geschlossen war.

Nach Wunderlich's reicher Erfahrung liegt die Temperatur der Achselhöhle bei Gesunden mit seltenen Ausnahmen zwischen 36,2° und 38°, für gewöhnlich nimmt er 36,25° und 37,5° als ihre Grenzen an.

Es fragt sich weiter, ob es auch eine jährliche Periode gibt, ob etwa der Mensch in der kalten Jahreszeit kälter, in der warmen Jahreszeit wärmer wird. Darüber haben wir eine Reihe von Beobachtungen von J. Davy, die sich wieder auf die Temperatur unter der Zunge beziehen. Er fand, dass, wenn man sich behaglich im geheizten Zimmer befindet, kein Unterschied zwischen Sommer und Winter ist. Ja, es wurden sogar in den kalten Monaten die höchsten Temperaturen gefunden. Anders verhält sich aber die Sache, wenn man sich wirklich der Kälte ausgesetzt hat. J. Davy benutzte zu den Beobachtungen darüber die Sonntage, die Zeit, wenn er in der Kirche gewesen war und dort gefroren hatte. Wenn er dann nach Hause kam und seine Zungentemperatur mass, so fand er, dass diese merklich erniedrigt war. Die Resultate gibt beistehende Tabelle:

Tag	Temperatur unter der Zunge	Temperatur der Luft
24. November	36,1	5,6
12. Jänner	36,2	4,4
9. Februar	35,9	0,6
16. März	34,9	0,0

Es ist ganz erklärlich, dass die Temperatur vom Jänner zum Februar, zum März noch hinuntergeht, nicht nur weil die Lufttemperatur an den Beobachtungstagen niedriger war, sondern auch, weil in grossen geschlossenen Räumen, wie in Kirchen, bekanntlich die niedrigsten Temperaturen nicht eintreten, wenn draussen die niedrigsten Temperaturen zu sein pflegen, sondern später, wenn die äussere niedere Temperatur längere Zeit eingewirkt hat.

Unter den verschiedenen Lebensaltern bietet die erste Zeit nach der Geburt die grössten Schwankungen dar. Wenn das Kind geboren wird, und man die Mastdarmtemperatur untersucht, so wird sie nach übereinstimmenden Beobachtungen um ein Geringes höher gefunden, als die gleichzeitige Temperatur in der Scheide der Mutter, nach Schäfer etwa um 0,3°. Dann sinkt aber die Temperatur des Kindes etwa auf 35,5° mehr oder weniger, je nach der Behandlung desselben, je nachdem man es mehr oder weniger vor Wärmeabgabe schützt. Das rührt daher, dass der Respirationsprocess noch nicht so im Gange ist, um die hinreichende Menge von Wärme zu bilden. Deshalb müssen auch neugeborne Kinder in der ersten Zeit mehr als später gegen Wärmeabgabe geschützt werden, und daher rührt es, dass man sie nicht nur mit schlechten Wärmeleitern umgibt, sondern dass man sie auch noch zu der Mutter ins Bett legt, damit dem Kinde die Wärme der Mutter zugeführt werde. In einigen Tagen steigt die Temperatur und erreicht das normale Mass, welches sich während des ganzen Lebens erhält, auch während des hohen

Alters. Davy fand bei hochbetagten Greisen noch ganz unveränderte Zungentemperaturen. Aber die alten Leute können ihre Temperatur nicht mehr so leicht constant halten, wie jüngere Individuen, sie müssen sich wärmer kleiden, sich mehr gegen Wärmeabgabe schützen. Das hängt erstens damit zusammen, dass sie sich nicht mehr mit der früheren Lebhaftigkeit bewegen, zweitens damit, dass sie in der Regel im hohen Alter abmagern, die Fettschicht verlieren, welche sie früher geschützt hat, und endlich drittens damit, dass sich in späteren Jahren ihr Stoffwechsel verlangsamt, dass sie also thatsächlich nicht so viel Wärme bilden als dies in früheren Jahren der Fall war.

Mittel zur Wärmeregulirung.

Wir sind hiemit auf die Frage geführt, welche Mittel denn der Mensch überhaupt hat, um seine Temperatur constant zu erhalten. Wir können diese Mittel im Allgemeinen eintheilen in Mittel, welche uns gegen eine Erniedrigung unserer Temperatur schützen, und in Mittel, welche uns gegen eine Erhöhung unserer Temperatur schützen. Die Mittel, welche uns gegen eine Erniedrigung unserer Temperatur schützen, sind wiederum zweierlei. Erstens Mittel, vermöge welcher wir die Wärme, die einmal gebildet ist, zusammenhalten, und zweitens Mittel, durch welche wir unsere Wärmeproduction steigern. Die ersteren sind allgemein bekannt. Es ist bekannt, dass wir im Winter die Räume, in denen wir uns dauernd aufhalten wollen, erwärmen, damit uns weniger Wärme entzogen wird, und dass wir uns, zweitens, mit schlechten Wärmeleitern umgeben, uns wärmer kleiden, um eben wieder weniger Wärme zu verlieren. Es muss aber hiebei bemerkt werden, dass nicht alle Menschen von Hause aus gleich gut, und gleich schlecht gegen die Wärmeabgabe geschützt sind. Sehr fettleibige Menschen leiden gewöhnlich mehr von der Hitze, als von der Kälte, weil die Fettschicht, welche sich unter ihrer Haut befindet, die Wärme schlecht leitet, und sie gegen Wärmeabgabe schützt. Schmächtige, magere Menschen aber, die eine verhältnissmässig grosse Oberfläche im Vergleiche zur Masse ihres Körpers haben, leiden mehr von der Kälte, weil die Wärmeabgabe proportional der Oberfläche des Körpers erfolgt, und das Wärmeproductionsvermögen, wenn auch nicht proportional, so doch im Allgemeinen mit der Körpermasse wächst. Damit hängt es auch zusammen, dass kleine Individuen und Kinder einen lebhafteren Stoffwechsel haben müssen als grosse und als ausgewachsene Individuen, wenn man die Geschwindigkeit des Stoffwechsels misst nach der Menge der in 24 Stunden producirten lebendigen Kraft dividirt durch das Körpergewicht. Die Kinder müssen nicht allein relativ mehr Nahrung zu sich nehmen als Erwachsene, weil sie noch wachsen sollen, weil sie noch Substanz anlegen sollen; sondern sie müssen auch deswegen relativ mehr Nahrung zu sich nehmen, weil sie relativ mehr Wärme verlieren, indem ihre Masse, dividirt durch ihre Oberfläche, einen ungünstigeren Quotienten gibt. Es ist ganz dasselbe auch bei den Thieren der Fall. Die kleinen Thiere haben immer einen lebhafteren Stoffwechsel als die grossen, weil sie relativ mehr Wärme verlieren. Es hängt damit zusammen, dass man kleine Thiere nicht mit demselben Vortheile züchten kann, wie grosse

Thiere. Denn die Wärme, welche ein Thier abgibt, muss der Züchter bezahlen, sie durch Fütterung decken. Es geht also bei den kleinen Thieren viel mehr Futter während des Aufzüchtens für den Züchter unbenützt verloren, als dies bei grösseren Thieren der Fall ist.

Die Mittel, unsere Wärmeproduction zu steigern, bestehen darin, dass wir grössere Mengen von Nahrungsmitteln zu uns nehmen, wozu uns bekanntermassen die äussere niedere Temperatur schon anregt. Aber auch in der Wahl der Nahrungsmittel unterscheiden sich die Bewohner des hohen Nordens von den Südländern. Der Bewohner des hohen Nordens, der Körper mit hoher Verbrennungswärme braucht, nimmt Mengen von Fett zu sich, die ein Südländer verschmähen würde. Die Bewohner des östlichen Sibiriens trinken bekanntlich die Butter pfundweise, nachdem sie dieselbe am Feuer zerlassen haben.

Wir wenden aber auch andere Mittel an, um unsere Wärmeproduction zu steigern, und dahin gehört namentlich die körperliche Bewegung. Durch die Muskelcontraction als solche wird, wie wir später sehen werden, Wärme erzeugt, und wie es scheint auf zweierlei Art. Erstens primär durch den chemischen Process selbst, welcher die Muskelcontraction hervorbringt, gewissermassen als Nebenproduct bei der Erzeugung der Arbeit, und zweitens durch die bewegenden Kräfte, welche durch innere Widerstände verbraucht und in Wärme umgewandelt werden. Wenn ich meine Muskeln contrahire, so kann ich damit erstens äussere Arbeit leisten, ich kann damit ein Gewicht auf eine gewisse Höhe hinaufheben. Die lebendige Kraft, die ich dabei verbrauche, kann mir nicht zu Gute kommen, denn sie wird in Spannkraft umgewandelt, die in dem anderen Körper, den ich gehoben habe, angehäuft ist. Wenn ich einen Bogen spanne, so leiste ich damit auch äussere Arbeit, die mir nicht zu Gute kommt; denn ich habe durch sie Spannkraft erzeugt, die im Bogen angehäuft ist. Wenn ich aber meine Muskeln contrahire, ohne äussere Arbeit zu leisten, und die erzeugten bewegenden Kräfte durch innere, in meinem eigenen Körper liegende Widerstände verbrauche, so wird dabei nicht Spannkraft, sondern Wärme erzeugt. Ein solcher Verbrauch von bewegender Kraft durch innere Widerstände findet nun bei allen Handtirungen in grösserem oder geringerem Massstabe statt. Wir sind nie im Stande, die erzeugte bewegende Kraft vollständig an den fremden Körper zu übertragen, den wir durch unsere Arbeit bewegen sollen.

Die Muskelbewegung steigert auch indirect den Stoffwechsel, indem sie Substanzen verbraucht, indem sie die Circulation und Respiration anregt, und schliesslich durch den Substanzverbrauch neues Nahrungsbedürfniss erzeugt. Damit hängt es zusammen, dass Leute, welche viel körperlich arbeiten, ein grosses Nahrungsbedürfniss haben, dass sie aber auch dem Wechsel der äusseren Temperatur weniger unterworfen sind, dass sie in leichterer Kleidung eine niedrigere Temperatur ertragen, als Derjenige, welcher eine ruhige, sitzende Lebensweise führt.

Wenn wir nach den Hilfsmitteln fragen, vermöge welcher wir uns vor einer Erhöhung unserer Temperatur schützen, so sind es natürlich zunächst Verminderung des Stoffwechsels, also Verminderung der Nahrungseinnahme, und körperliche Ruhe. Damit hängt die Mässigkeit des Südländers zusammen, aber auch andererseits die Trägheit, von welcher

man in grosser Sommerhitze und in heissen Klimaten leicht befallen wird. Ein sehr wesentliches Mittel, unsere Wärme zu reguliren, ist der Schweiss, indem, sobald die Schweissdrüsen kräftig zu secerniren beginnen, die Menge des Wassers, welche von der Haut verdunstet, in hohem Grade vermehrt wird. Nun ist es Ihnen aber bekannt, dass die Verdunstung des Wassers darin besteht, dass die einzelnen Theilchen des Wassers nach allen Richtungen hin fortgeschleudert werden. Die bewegende Kraft, welche den Wassertheilchen mitgetheilt wird, rührt eben von der Wärme her, welche früher im Wasser vorhanden war. Diese Wärme wird also verbraucht durch Verdampfung, durch Verdunstung: es wird also, wie man sich ausdrückt, Wärme latent, oder richtiger gesagt, es wird dadurch Wärme verbraucht, weggeschafft. Damit hängen auch die Waschungen, die systematischen Befeuchtungen der Oberfläche des Körpers zusammen, vermöge welcher man demselben Wärme zu entziehen sucht. Es ist bekannt, dass man in Krankheiten, wo man Wärme entziehen will, nicht immer Bäder anwendet, sondern auch Waschungen, gewöhnlich mit Essig und Wasser, um durch die Verdunstung von der Körperoberfläche dem Körper Wärme zu entziehen und eine Temperaturerniedrigung hervorzubringen.

Das einfachste Mittel, um die Temperatur herabzusetzen, um dem Körper Wärme zu entziehen, scheint das kalte Bad zu sein, und wir bedienen uns desselben in der That, um uns in der grossen Sommerhitze zu erfrischen. Ueber die unmittelbare Wirkungsweise des kalten Bades existirt aber noch mancherlei Streit. Es sind die Temperaturen im Bade und unmittelbar nach dem Bade gemessen worden, und man hat meist die Temperaturerniedrigung nicht so gross gefunden, als man sie erwartet hatte; ja Einzelne geben an, dass bei Gesunden nach einem kalten Bade gar keine Erniedrigung der Achselhöhlentemperatur eintrete, während andere hinwieder eine solche bis auf 34°, ja bis auf 29° beobachtet haben wollen. Es scheint das damit zusammenzuhängen, dass durch das kalte Bad als solches die Wärmeproduction erhöht wird, so dass allerdings mehr Wärme abgeleitet wird, andererseits aber auch mehr Wärme gebildet wird. Es scheint hierbei nicht gleichgiltig zu sein, auf welche Weise man durch das Bad Wärme zu entziehen sucht. Am wenigsten kommt man zum Ziele, wenn man den Menschen von vorneherein in Wasser von so niedriger Temperatur bringt, dass man ihn nur kurze Zeit darin belassen kann. Viel besser gelingt es, Wärme zu entziehen, wenn man ihn zuerst in ein warmes Bad bringt, und dieses langsam und allmälig abkühlt. Ziemssen schlägt deshalb vor, dass man, wenn in Krankheiten, z. B. im Typhus, Wärme entzogen werden soll, den Kranken in ein Bad von 35° C. bringe, und dass man dann, durch einen untergetauchten Schlauch, unter leichtem Frottiren kaltes Wasser zufliessen lasse, bis die Temperatur auf 20° erniedrigt ist. Man soll nun, unter leichtem Frottiren, den Kranken so lange im Bade sitzen lassen, bis trotz des Frottirens Frösteln eintritt, was gewöhnlich nach 20 bis 30 Minuten geschieht. Indessen kann man doch nach den Erfahrungen Anderer, namentlich denen Bambergers, gerade im Typhus das Bad in den meisten Fällen mit gutem Erfolge bei einer bedeutend niedrigeren Temperatur beginnen.

So vollkommen unsere Wärmeregulirung im gesunden Zustande ist, so verlieren wir dieselbe bis zu einem gewissen Grade in einer grossen Anzahl von Krankheiten, und es treten dann oft nicht unbeträchtliche Temperatursteigerungen ein. Die höchste Temperatur, welche von Wunderlich bei seinen zahlreichen Messungen beobachtet wurde, trat in einem Falle von Tetanus auf, und zwar eine Temperatursteigerung auf $44\frac{3}{4}$ ° C. Quincke beobachtete im Gelenkrheumatismus 43,5 in der Achselhöhle, und gleichzeitig 44,3 in der Scheide. In zwei Fällen von Quetschung des Halsmarkes fand er zur Zeit des Todes im Mastdarm 43,5 und 43,6. In einem Falle von Ileotyphus beobachtete er 5 Minuten nach dem Tode im Mastdarm 43,4°. In allen fieberhaften Krankheiten steigt die Temperatur, und zwar nicht nur im sogenannten Hitzestadium, sondern auch im Froststadium. Wenn auch der Intermittenskranke vor Kälte mit den Zähnen klappernd daliegt, ist die Temperatur seiner inneren Theile erhöht, so dass ein greller Widerspruch besteht zwischen der subjectiven Empfindung des Kranken, und dem Resultate, welches die Messung mittels des Thermometers gibt. Dieser grelle Widerspruch erklärt sich daraus, dass unser Wärmegefühl nicht aus der Temperatur unserer inneren Theile stammt, sondern aus dem jeweiligen Zustande unserer Hautnerven, der wiederum von dem Zustande der Hautcirculation abhängig ist. Wir empfinden warm, wenn das Blut reichlich und lebhaft durch die Haut circulirt, und wir empfinden kalt, wenn das Blut in die inneren Theile zurückgetreten ist. Wenn man in ein Bad von 10 oder 11° springt, sich nur kurze Zeit darin aufhält, und dann wieder hinausgeht, so empfindet man nicht das Gefühl von Kälte, man hat im Gegentheil ein Gefühl von Wärme, welches sich über die ganze Haut verbreitet, wenn auch die umgebende Luft nicht warm ist. Sieht man dann die Haut an, so wird man finden, dass sie geröthet ist, dass das Blut reichlich durch dieselbe circulirt, und das ist es, was uns im Widerspruch mit der äusseren Temperatur das Gefühl der Wärme hervorruft. Der Intermittenskranke dagegen, welcher im warmen Zimmer im Bette liegt, friert erbärmlich trotz der ihn umgebenden hohen Temperatur, indem eben das Blut, wie dies auch das Aussehen seiner Haut zeigt, aus derselben zurückgetreten ist, und sich in den inneren Theilen, in der Leber und in der Milz angehäuft hat. Daraus erklärt sich auch theilweise, und abgesehen von der vermehrten Wärmeproduction, die das Fieber und der in demselben vermehrte Stoffverbrauch an sich verursacht, wieder die Temperatursteigerung im Froststadium des Fiebers, da die Wärmeregulirung wesentlich damit zusammenhängt, dass das Blut an die Oberfläche des Körpers geht, in die unter der Oberfläche gelegenen Capillaren der Haut eindringt, und hier Wärme abgibt. Wenn also weniger Blut zur Haut geht, so muss auch relativ weniger Wärme abgegeben werden, und deshalb kann die Temperatur der inneren Theile sich erhöhen. Die Temperatur bleibt erhöht im sogenannten Hitzestadium der Intermittens und sinkt erst zur Norm am Ende desselben, wenn Schweiss eintritt, das Blut nicht nur frei durch die Haut circulirt, sondern nun auch durch die Verdunstung des Schweisses dem Körper rasch Wärme entzogen wird. Nach dem Tode tritt in vielen Fällen noch eine Steigerung der Temperatur ein. Sie ist schon nach sehr verschiedenen Krankheiten beobachtet worden, und nach Heidenhain soll sie bei Hunden eine normale, eine physiologische Erscheinung sein.

Man hat sich dieselbe so zu erklären, dass mit dem Tode des Individuums nicht auch sogleich die Wärme erzeugenden chemischen Processe aufhören, und dass mit dem Aufhören des Herzschlages und der Athembewegungen weniger Wärme nach aussen abgegeben wird als früher.

Erniedrigung der Temperatur tritt nach heftigen Reizungen sensibler Nerven ein, sie tritt ein nach heftiger Wirkung von Abführmitteln, unmittelbar nach der Wirkung von Brechmitteln u. s. w. Sie tritt im Allgemeinen ein nach Erscheinungen, welche geeignet sind sogenannten Collapsus hervorzurufen, und im Collapsus selbst.

Lichtentwickelung.

Wir haben uns nun noch mit einer besonderen Art von Wärmeentwickelung zu beschäftigen, mit der Lichtentwickelung durch lebende Körper. Es ist uns auf den ersten Anblick auffallend, von einem lebenden Organismus Licht ausgehen zu sehen, weil wir ja gewohnt sind, das Licht von glühenden, von brennenden Körpern ausgehen zu sehen, und doch der lebende Organismus keine so hohe Temperatur ertragen kann, wie wir sie an unseren gewöhnlichen Lichtquellen vorfinden. Man muss sich aber klar machen, dass Licht und hohe Temperatur nicht untrennbar mit einander verbunden sind, indem es zwar nicht gewöhnlich, aber doch an sich nicht unmöglich ist, dass eine Wärmequelle, in der die Temperatur nicht sehr hoch ist, doch schon Strahlen von so kurzer Schwingungsdauer aussendet, dass sie die optischen Medien unseres Auges wenig geschwächt durchwandern und unsere Netzhaut zur Empfindung des Leuchtenden erregen. Das geschieht bei den leuchtenden Thieren.

An lebenden Menschen und lebenden Wirbelthieren ist im Ganzen nicht viel von Lichterscheinungen beobachtet. Es existiren einige ältere Angaben, dass der Schweiss einzelner Menschen leuchtend gewesen sei, und in neuerer Zeit hat Panceri wieder einen solchen Fall veröffentlicht, den er zwar nicht selbst gesehen, der ihm aber aus verlässlicher Quelle mitgetheilt wurde. Der Urin einzelner Menschen soll im Augenblicke, wo er gelassen worden ist, leuchtend gewesen sein. Die Eier von Lacerta agilis und auch von einzelnen Schlangen sollen im Augenblicke, wo sie gelegt werden, leuchten u. s. w. Ausserordentlich verbreitet aber ist das Leuchten unter den wirbellosen Thieren.

Am bekanntesten ist es in hiesiger Gegend von unserem gewöhnlichen Glühwürmchen oder Johanniswürmchen, Lampyris splendidula. Dies Insect hat auf den drei letzten Ringen seines Hinterleibes eigenthümliche Organe, die sich schon durch die Chitindecke hindurch von dem übrigen Fettkörper auszeichnen, und diese Organe sind es, von denen das Licht ausgeht. Wenn man dieselben untersucht, so findet man sie bestehend aus zwei Lagen, aus einer Lage, die undurchsichtig ist, und sich bei näherer Untersuchung ganz durchsetzt zeigt mit Harnsäure und harnsauren Salzen, die in feinen Körnern abgelagert sind; das ist die tiefere Partie: dagegen ist die oberflächliche Partie, die unmittelbar unter der Chitindecke liegt, durchscheinend, und zahlreiche Tracheen gehen in dieselbe hinein. Wenn man nun diese untersucht, so findet man sie aus zwei Arten Zellen zusammengesetzt, wovon die einen unmittelbar mit den

Tracheen verbunden sind. **Max Schultze**, von dem diese Untersuchungen herrühren, hat gefunden, dass diese Zellen eine leicht oxydirbare Substanz enthalten, indem sie sich in Ueberosmiumsäure ausserordentlich schnell, und schneller als die übrigen färben. Die Färbung durch Ueberosmiumsäure beruht auf einem Reductionsprocesse; je leichter also die Substanzen oxydirbar sind, in um so kürzerer Zeit reduciren sie die Ueberosmiumsäure, und färben sich schwarz, indem sich Osmium in ihnen niederschlägt. Er hat ferner auch gefunden, dass, wenn er das Aufleuchten des Organs bei schwachen Vergrösserungen beobachtete, zuerst das Licht in zahlreichen Pünktchen in dem Organe zerstreut war, und erst hinterher zusammenfloss, so dass nun das ganze Organ leuchtend erschien. Er erklärt dies mit Recht so, dass so lange das Licht schwach war, die einzelnen kleinen leuchtenden Punkte noch einzelne Netzhautbilder entwarfen, dass letztere dagegen, als das Licht stärker wurde, zusammenflossen.[1] Hienach würden es diese auf den Enden der Tracheen aufsitzenden Zellen sein, von welchen das Licht in den Leuchtorganen ausgeht. Es zeigt sich nun, dass das Leuchten oder Nichtleuchten des Organs von der Willkür des Thieres abhängt. Wenn die Substanz aus dem Leuchtorgane herausgenommen, und auf dem Objectträger ausgebreitet wird, dann leuchtet sie freilich eine Zeit lang ohne äusseres Zuthun. So lange sie aber in dem Leuchtorgane, im lebenden Thiere liegt, leuchtet sie nicht gegen oder ohne den Willen des Thieres. Wenn sich das Thier im Hellen befindet, so löscht es sein eigenes Licht aus, und wenn es sich im Dunklen befindet, so zündet es sein eigenes Licht wieder an. Wenn man ein Leuchtwürmchen am Tage untersucht, indem man es plötzlich in einen dunklen Raum hineinbringt, so findet man, dass es nicht leuchtet. Wenn man es einige Zeit in einem dunklen Raume gelassen hat, so fängt es allmälig stärker und stärker zu leuchten an. Es wird endlich so stark leuchtend, dass, wenn man es in ein Reagirglas hineingibt und mit diesem über die Zeilen eines Buches hinüberführt, man dabei die Buchstaben erkennen kann. Wenn man des Abends oder des Nachts ein solches starkleuchtendes Thier in ein Zimmer bringt, das durch eine Kerze beleuchtet ist, so ist das Licht der Leuchtorgane so stark, dass man dieselben selbst neben der Kerze noch als grüne glänzende Flecke wahrnimmt. Dann aber werden sie nach und nach unscheinbar, und wenn das Thier sich noch länger in heller Beleuchtung aufhält, verschwindet das Licht so vollständig, dass es nun auch plötzlich ins Dunkle gebracht kein Leuchten zeigt. Es geht schon hieraus hervor, dass das Nervensystem einen wesentlichen Einfluss auf das Leuchtorgan, und auf das Leuchtvermögen hat, und das haben auch die Untersuchungen von **Kölliker** bestätigt. Man kann sich aber diesen Einfluss in zweierlei Art denken. Man kann sich erstens als möglich denken, dass die Nerven einen directen Einfluss auf die Substanz selbst haben, dass sie in ihr eine Veränderung hervorbringen, in der sie leuchtet. Anderseits kann man sich aber auch vorstellen, dass den Zellen vom Nervensysteme aus der Zutritt des atmosphärischen Sauerstoffes bald verschlossen, bald geöffnet werde, und dass hiemit das Leuchten oder Nichtleuchten zusammenhänge. Denn das Leuchten beruht doch offenbar auf einem Oxydationsprocesse, auf einem Verbrennungsprocesse. Alle diese Zellen hängen an Tracheen: Sie können sich also denken, dass das eine Mal die Luft in die Tracheen frei eindränge oder hineingezogen

würde und das andere Mal der Zutritt zu diesen Tracheen verschlossen würde. Für eine directe Einwirkung spricht die Analogie anderer Thiere, gewisser Seethiere, bei denen sie offenbar statthat. Für eine indirecte durch den Luftzutritt spricht, dass die herausgenommene Masse noch eine Zeit lang an der atmosphärischen Luft fortleuchtet, wenn sie auch ausser Zusammenhang mit dem Thiere und mit dem Nervensysteme steht, ja wenn sie mechanisch misshandelt und zerquetscht ist; ferner der Umstand, dass das Leuchten nicht ganz plötzlich beginnt und nicht ganz plötzlich wieder aufhört, sondern dass das Thier eine gewisse Zeit braucht, um allmälig sein Licht auf die Höhe zu bringen, und eine gewisse Zeit braucht, um sein Licht wieder auszulöschen; doch soll nach den Versuchen von Kölliker durch das Hindurchleiten von Inductionsströmen momentanes Leuchten hervorgebracht werden.

Eine andere Species von Leuchtwürmchen ist Lampyris italica, welche in ähnlicher Weise leuchtet, wie unser Johanniswürmchen, aber das Eigenthümliche hat, dass beim Männchen das Licht sich in regelmässiger Periode abschwächt und verstärkt, blitzartig aufleuchtet. Ein noch viel stärkeres Licht geben die sogenannten Cucujos (Elater noctilucus, in Mexiko einheimisch), über welche in neuerer Zeit mehrfache Beobachtungen angestellt worden sind. Sie sind grössere Thiere von fast drei Centimeter Länge, und bei ihnen liegt das Leuchtorgan im Brusttheil, nicht im Hinterleib, wie bei unserem Johanniswürmchen.

Ausserdem kommt fast in allen Abtheilungen der wirbellosen Thiere, bei den Crustaceen, Mollusken, Medusen, Infusorien u. s. w. das Leuchten vor. Das Meerleuchten der Tropen rührt grossentheils von der Feuerwalze, Pyrosoma atlanticum, her, während das Leuchten in der Nordsee durch ein kleines Thierchen, Noctiluca miliaris oder Mammaria scintillans, wie es Ehrenberg benannte, hervorgerufen wird. Auch dieses leuchtet nicht continuirlich. Wenn man ein Gefäss mit Wasser, in dem diese Thiere in Menge vorhanden sind, in ein Zimmer bringt, und es ruhig stehen lässt, so hört das Leuchten ganz auf, wenn man aber an das Glas schlägt, das Wasser erschüttert, dann blitzt es darin plötzlich hell auf. Darauf beruht es auch, dass zur Zeit des Meerleuchtens die See nicht gleichmässig leuchtet, dass die Wellenkämme und die Brandungen leuchten, oder dass bei stillem Wetter, wenn man mit einer Gerte in das Wasser schlägt, dasselbe aufleuchtet und auch beim Rudern, unter dem Schlage aufleuchtet, und leuchtend von den Rudern herunterfliesst.

Interessante Beobachtungen hat neuerlich Panceri in Neapel über das Leuchten von Phyllirhoe bucephala gemacht. Bei diesem Thiere leuchten, wenn es gereizt wird, wozu Panceri Ammoniak verwendete, das er auf die Tentakeln brachte, eine Menge von grösseren und kleineren hellen Punkten am ganzen Körper auf. Die grösseren dieser Punkte entsprechen einer Art von Zellen, welche zuerst Müller beobachtete, und die deshalb den Namen der Müllerischen Zellen führen. Die kleineren dieser Punkte entsprechen Zellen, welche man als Ganglienzellen betrachtet. Sie haben mit den Ganglienzellen eine gewisse äussere Aehnlichkeit, und ausserdem das mit ihnen gemein, dass sie an den Nervenfasern hängen, was übrigens auch mit den Müllerischen Zellen der Fall ist.

Leuchten todter Thierkörper.

Thiere, welche während ihres Lebens nicht leuchten, können nach dem Tode leuchtend werden. Es ist bekannt, dass man in Seestädten nicht selten den Wegwurf von Fischen leuchten sieht. Man hat auch beobachtet, dass Fische und, nach den Angaben von Hulme, auch junge Kaulquappen leuchtend werden, wenn man sie in Salzwasser oder in Glaubersalzlösung aufbewahrt. Aber auch Fleisch von anderen Thieren hat man leuchtend werden gesehen. Es existiren schon ältere Beobachtungen darüber von Fabricius ab Aquapedente, von Boyle und von Anderen. 1780 wurde einmal einem Fleischer in Orleans alles vorräthige Fleisch leuchtend. Nach Astley Cooper und Appleton wurde eine übrig gebliebene Extremität von einer 16 Tage früher auf die Anatomie gelangten Leiche leuchtend. Eine andere in denselben Saal gebrachte Leiche ward nach einigen Tagen auch leuchtend. Knochen, Sehnen, Membranen und Muskeln leuchteten, aber die Eingeweide des Thorax nicht. Man fand auch, dass man das Leuchten von einer Leiche auf die andere übertragen könne. Wenn man von der leuchtenden Leiche eine Extremität auf eine andere Leiche legte, so wurde auch diese nach einiger Zeit leuchtend. Auch hier in Wien ist das Leuchten von Fleisch beobachtet worden. Es wurden, es mag etwa im Jahre 1850 oder 1851 gewesen sein, einmal bei einem Selcher die Würste leuchtend. Sie wurden von der Polizei confiscirt, und an verschiedene, die sich dafür interessiren konnten, vertheilt, und auch ich habe einige davon bekommen. Es fand sich auf der Oberfläche eine graue Masse, in der sich Vibrionen, Fetttropfen und Krystalle von phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia befanden. Es war also offenbar der Zersetzungsprocess schon weit vorgeschritten. Ich hatte aber bald Gelegenheit, mich von der Richtigkeit älterer Angaben zu überzeugen, dass Fleisch, das noch relativ frisch ist, und sonst noch keine Fäulnisserscheinungen zeigt, auch leuchten kann. Unser Laborant Bruckner erzählte nämlich in einem benachbarten Gasthause von diesen leuchtenden Würsten, und da erfuhr er, dass die Erscheinung gar nichts Ungewöhnliches sei, dass sie allen denjenigen wohl bekannt, welche häufig mit Fleisch in dunklen Räumen zu manipuliren haben, dass nur eben nicht viel davon gesprochen wird, um Unannehmlichkeiten zu vermeiden. Er brachte mir auch in der That aus dem Gasthause eine Milz und ein Stück Muskelfleisch, die beide anscheinend vollkommen frisch waren, aber nichts destoweniger im Dunklen mit weissem Lichte leuchteten. Es fanden sich auf diesen Stücken keine Vibrionen, und keine Krystalle von phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia, sondern es liess sich von der Oberfläche nur eine Materie abstreichen, die einige feine Körnchen mit Molekularbewegung, und einige Fetttröpfchen enthielt. Es ist bekannt, dass nach dem gewöhnlichen Ausdrucke „faulendes“ Holz häufig leuchtet: aber auch da ist das Leuchten nicht Folge des Verwesungs-, des Zersetzungsprocesses als solchen, wie man wohl geglaubt hat, denn ich habe mich früher oft in Wäldern, in denen sich viel faules Holz vorfand, nach leuchtendem Holze umgesehen, ohne es zu finden. Dann habe ich es auf einem Platze, wo Holz verarbeitet wurde, in grosser Menge gefunden an Holzspähnen, die verhältnissmässig frisch und nur häufig dem Regen ausgesetzt waren.

Electricität.

Die electrischen Erscheinungen werden wir hier nur theilweise betrachten, wir werden hier nur die Erscheinungen der sogenannten statischen Electricität besprechen; zur Lehre von den electrischen Strömen, welche man von den Muskeln und Nerven ableiten kann, können wir erst übergehen, wenn wir uns mit den Muskeln und Nerven, und ihren Eigenschaften bekannt gemacht haben.

Es war begreiflich, dass, nachdem man die electrischen Erscheinungen überhaupt zu studieren anfing, die electrischen Ladungen des menschlichen Körpers und die Erscheinungen, welche man in Folge solcher Ladungen von ihm erhalten konnte, für Laien und Aerzte von grossem Interesse sein mussten, und man hat deshalb auch frühzeitig Versuche über dieselben angestellt. Was ich Ihnen in dem Folgenden über dieselben mittheile, ist dem grossen Werke über thierische Electricität von E. du Bois-Reymond entnommen. Die wichtigste Arbeit über diesen Gegenstand ist nach diesem die, welche von Ahrens im Jahre 1817 unter Pfaff's Leitung, also gewiss mit den besten Hilfsmitteln und allen Vorsichtsmassregeln angestellt wurde. Es heisst a. a. O.: „Die Versuche wurden gewöhnlich so angestellt, dass die Person, deren Electricität untersucht werden sollte, sich auf ein Isolatorium begab, und mit der Hand (bisweilen auch mit einem anderen Theile des Körpers), die Collectorplatte eines sehr guten, und auf ein Goldblatt-electrometer aufgeschraubten Condensators berührte, während die obere Platte des Condensators mit dem Erdboden in leitende Verbindung gesetzt wurde. Hatte die Berührung der Collectorplatte kürzere oder längere Zeit (was keinen grossen Unterschied zu machen schien, da die Ladung gewöhnlich sehr schnell geschah) stattgefunden, so wurde die Verbindung aufgehoben, die obere Platte des Condensators entfernt, und nun zeigten die Goldblättchen durch ihre Divergenz den Grad der mitgetheilten Electricität, deren Qualität auf die gewöhnliche Weise durch Annäherung einer geriebenen Siegellackstange oder einer Glasröhre erforscht wurde. Die wichtigsten Resultate dieser, mehrere Monate hindurch fortgesetzten Versuche waren folgende: In der Regel ist die eigenthümliche Electricität des menschlichen Körpers im gesunden Zustande positiv. Selten übersteigt sie an Intensität die Electricität, welche das mit dem Erdboden in leitender Verbindung stehende Kupfer mit dem Zink hervorbringt. Reizbare Menschen vom sogenannten sanguinischen Temperamente, haben mehr freie Electricität als träge vom sogenannten plegmatischen Temperamente. Des Abends ist die Menge der Electricität grösser, als zu den andern Tageszeiten. Geistige Getränke und der dadurch vermehrte Kreislauf vermehren die Menge der freien Electricität. Die Weiber sind öfter als die Männer negativ electrisch, doch sind weder die Versuche von Ahrens, noch von mir — sagt Pfaff — bisher genug vervielfältigt worden, um den Gegensatz der Electricität des weiblichen Geschlechtes gegen die des männlichen als Regel aufstellen zu können. . . . Im Winter sehr durchkältete Körper zeigten erst keine Electricität, die aber allmälig zum Vorschein kam, sobald die Haut wieder warm wurde. Dass diese eigenthümliche Electricität des Körpers ganz unabhängig von dem Reiben der Kleider an der Oberfläche sei, bewies der Umstand, dass auch

der ganz nackte Körper dieselbe Electricität zeigt; auch war kein Unterschied zu bemerken, welcher Theil des Körpers mit der Collectorplatte in Berührung kam. Während der Dauer rheumatischer Krankheiten scheint die eigenthümliche Electricität des Körpers auf Null herabzusinken, und, sowie die Krankheit weicht, allmälig wieder zum Vorschein zu kommen. Hermann Nasse hat diese Versuche wiederholt, sich aber dabei, wie es scheint nur des Electroskops, ohne condensirende Vorrichtung bedient. Er hat überall, bei Männern wie bei Weibern, an Kranken wie an Gesunden, ja an Leichen, und gleich viel ob Isolation stattfand oder nicht, positive Electricität gefunden, und leitet dieselbe in seinen, wie in Ahrens Versuchen von der Reibung ab, der die electroskopischen Vorrichtungen bei ihrer Handhabung am Körper unterworfen sein mögen. Es ist eben ausserordentlich schwer bei der electrischen Spannung, welche sich an der Körperoberfläche findet, zu unterscheiden, in wie weit dieselbe eine Folge des Lebensprocesses als solchen ist, oder eine Folge der Reibung, welcher die Körperoberfläche an den Kleidungsstücken ausgesetzt ist. Denn, wenn auch der nackte Körper untersucht worden ist, so ist doch kürzere oder längere Zeit vorher die Körperoberfläche der Reibung der Kleidungsstücke ausgesetzt gewesen, und es ist bekanntlich sehr schwer einen Körper von den letzten Spuren electrischer Spannung, welche seiner Oberfläche anhaftet, zu befreien.

Die Erscheinungen, wie sie hier beschrieben worden sind, sind sämmtlich solche, welche sich nur mit feineren Hilfsmitteln nachweisen lassen. Es existiren Nachrichten theils aus älterer, theils aus neuerer Zeit, nach denen einzelne Menschen viel auffallendere electrische Erscheinungen gezeigt haben sollen. Jean Domin. Cassini erzählt in seinem Reiseberichte aus Italien vom Jahre 1775 von einem russischen Herrn, den er in Florenz kennen gelernt, und der ihn versicherte, dass er zu verschiedenen Zeiten seines Lebens das Vermögen gehabt hätte, electrische Funken zu geben. Oseretskowski wurde von drei glaubhaften, und in Petersburg angesehenen, aus Sibirien gebürtigen Männern berichtet, dass Michael Puschkin in Tobolsk, 45 Jahre alt, vom Jahre 1775 an die Eigenschaft besessen habe, Jedem, der ihn berührte, einen Funken nebst Erschütterung mitzutheilen. Nur im Winter jedoch gab sich diese Eigenschaft kund, und auch dann bedurfte es eines isolirenden Teppichs, auf dem er stand. Seine Frau sei durch den Umgang mit ihm gleichfalls electrisch geworden, so dass, wenn ihre Freundinnen beim Grusse nach Landessitte Küsse mit ihr wechselten, sie häufig durch die im Augenblicke der Berührung von ihren Lippen überspringenden Funken erschreckt wurden. Oseretskowski ist zweifelhaft, ob nicht dieser Fall einer und derselbe mit dem von Cassini erzählten sei.

Die ausführlichste und zugleich die erstaunlichste von diesen Erzählungen ist die von der electrischen Dame zu Orfort (Grafton county, New Hampshire) in den Vereinigten Staaten. Am 25. Jänner 1837, als eben ein strahlendes Nordlicht am Himmel stand, bemerkte diese Dame, inmitten der zur Beobachtung desselben versammelten Gesellschaft, indem sie mit der Hand die Wange ihres Bruders streichelte, zu Beider nicht geringem Erstaunen, dass electrische Funken aus jeder Fingerspitze nach dem berührten Gesichte übersprangen. Die ganze, durchaus zu Zweifeln

geneigte Gesellschaft überzeugte sich durch Gesicht und Gefühl von den Funken, und der etwas später hinzugekommene Berichterstatter, Dr. Willard Hosford, ein „achtungswerther“ Arzt, erhielt von den Knöcheln der Dame einen $^3/_4$" langen Funken an die Nase, über den er im Zurückprallen jeden Zweifel vergass. Dies electrische Vermögen hielt bis zu Ende Februars mit wachsender Stärke an, begann dann zu sinken, und verschwand erst gegen Mitte Mai. Es blieb sich während dieser Zeitdauer nicht stets an Stärke gleich; indessen sei zu vermuthen, dass vom 25. Jänner bis zum 1. April die Dame jederzeit im Stande war, electrische Funken abzugeben. Eine Temperatur von ungefähr 70—80° Fahrenheit, leichte Körperbewegung, Gemüthsruhe, gesellige Erheiterung beförderten das Hervortreten der Erscheinung; unter diesen aber war der Einfluss der Temperatur am deutlichsten, da noch ehe das Thermometer den Nullpunkt erreichte, die Electricität völlig verschwunden war. Mit dem Nullpunkte ist hier jedoch, obschon nach Fahrenheit'schen Graden gerechnet wird, der Frostpunkt gemeint, was sich daraus ergeben dürfte, dass in Mussey's Bericht 25° Fahrenheit (= — 3·88° C.), als die ungefähre Grenze des electrischen Vermögens sich angegeben findet. Barometer- und Hygrometerstand übten keinen merkbaren Einfluss aus. Der Isolator, auf dem die Dame sich befand, war einfach der türkische Teppich ihres Zimmers, und gestattete keine höhere Spannung, als die sich nachher in Funken von 1·5" Länge entlud (!); wurde aber ein metallischer Leiter $^1/_{16}$" von ihrem Finger gehalten, so ging alle Secunden ein hör-, sicht- und fühlbarer Funke über. Wenn sie, die Füsse in der Nähe des eisernen Ofens, („on the stove-hearth [of iron]“) mit Lesen beschäftigt, sass, und keine andere Bewegung vornahm, als dass sie athmete und von Zeit zu Zeit das Blatt wendete, so schlugen in der Minute drei oder mehr Funken nach dem Ofen über, trotz der Nichtleitung ihrer Schuhe und seidenen Strümpfe. Sie konnte isolirte Personen laden, ja so stark, dass diese wiederum eine dritte zu laden vermochten u. s. w. Unter den günstigsten Umständen gab sie in der Minute vier 1·5" lange Funken einer bronzenen Kugel an dem Ofen ab, deren Knattern durch das ganze grosse Zimmer gehört wurde; dies geschah sogar, freilich auf Kosten des Glanzes der Funken, durch eine Kette von vier Personen hindurch. Das Haar der Dame sträubte sich nicht durch electroskopische Abstossung, unstreitig, weil es zu fest gemacht war: „her hair having been laid smooth at her toilet and firmly fixed before she appeared upon her insulator“. Sie ging gemeiniglich in Seide gekleidet; der Arzt liess sie statt dessen Baumwolle und Wollenzeug anlegen, und ihre Schwester die seidenen von jener abgelegten Stoffe tragen: weder aber wurde diese dadurch electrisch, noch büsste die erstere ihre ausserordentliche Fähigkeit ein. Ja, sogar der Schweiss vermochte, den Erfahrungen über den gewöhnlichen Grad freiwilliger Electrisirung an isolirten Menschen zuwider, dieser Fähigkeit nichts anzuhaben. Silliman, der den Bericht in seiner bekannten Zeitschrift wiedergibt, scheint keinen Zweifel in die Richtigkeit der Thatsache zu setzen. Er spricht, als ob er Dr. Hosford persönlich kenne, ist im September 1837, also wenige Monate nach dem Ereignisse, in Orford gewesen, und hat dort sowohl, als auch in der 18 englische Meilen südlich davon gelegenen Hochschule Dartmouth (at Hannover) allgemeinen Glauben an dasselbe vorgefunden.“ Ich kann dem hinzufügen,

dass ich eine Reihe von Jahren darauf den Professor der pathologischen Anatomie von Dartmouth College gesprochen habe, und er mir sagte, dass diese Erzählung dort allgemein geglaubt werde, und man die Personen, die darüber berichtet hätten, für vollkommen verlässlich halte.

Bei der Beurtheilung solcher Berichte muss man sich die Art und Weise vergegenwärtigen, wie die Menschen über auffallende Naturerscheinungen zu berichten pflegen. Das Wunderbare nimmt in ihren Schilderungen immer zu, auch ohne dass sie es selbst beabsichtigen, und ohne dass sie sich irgend einer Uebertreibung schuldig fühlen. Auffallende electrische Erscheinungen bieten einzelne Personen allerdings dar. Als ich in Königsberg war, sagte mir im Winter 1848/9 einer meiner Schüler, der zugleich Hauslehrer war, dass seine beiden Eleven, wenn sie des Abends die Wäsche wechselten und das Hemd über den Kopf zögen, durch die Reibung am Haare einen Lichtschein erzeugten, und dass sich das Haar sträube, offenbar durch electrische Abstossung. Ja, wenn man nur leicht über das Haar hinstreiche, so sei dies hinreichend, damit sich dasselbe durch electrische Abstossung aufrichte. Er brachte die beiden Knaben zu mir. Sie hatten ein sehr feines und zugleich sehr trockenes Haar, und eine feine, aber überaus trockene Haut. Obgleich seitdem Thauwetter eingetreten war, also die atmosphärischen Verhältnisse den electrischen Erscheinungen weniger günstig waren, zeigten sich diese doch noch immer in sehr auffallender Weise. Nicht allein sträubte sich das Haar durch electrische Abstossung, wenn man über dasselbe hinstrich, sondern man konnte durch ein bloss einmaliges Herüberfahren mit einem seidenen Tuche letzteres so stark laden, dass man unmittelbar darauf mit dem Knöchel eines Fingers der andern Hand einen electrischen Funken daraus ziehen konnte. Als ich hievon in einer Gesellschaft erzählte, so sagten mir ein paar Damen, das sei ihnen gar nicht auffallend, sie kennten ähnliche Erscheinungen an sich selbst. Wenn sie sich an einem Wintermorgen im Dunklen das Haar kämmten, so sähen sie häufig aus dem Haare Funken sprühen und hörten deren Knistern. Seit die Hornkämme vielfach durch Kämme aus Hartgummi ersetzt sind, ist dies Funkensprühen noch viel häufiger geworden und jetzt im ganzen Norden allgemein bekannt.

Es sind diese Erscheinungen wesentlich dieselben, welche man an einer Katze beobachten kann, wenn man sie im Dunklen gegen das Haar streichelt, indem dann auch Funken aus ihrem Pelze sprühen. Man hielt deshalb früher die Katze für ein electrisches Thier, und verwendete ihr Fell mit Vorliebe zu Reibzeugen für Electrisirmaschinen. Heutzutage weiss man, dass es sich hier nur um einen Nichtleiter handelt, welcher der Reibung ausgesetzt ist. In den fünfziger Jahren fand Loomis, dass Erscheinungen, ähnlich, wenn auch nicht von derselben Intensität, wie sie die electrische Dame von Orford dargeboten, in Nordamerika gar nicht selten seien. Er entdeckte als wesentliche Ursache derselben die Reibung der Schuhsohlen an Teppichen aus Wollsammt. Die Erscheinungen waren am stärksten, wenn die Luft draussen kalt und trocken war, und sie erreicht dort bekanntlich bei Westwind einen bei uns unbekannten Grad der Trockenheit. Sie fanden sich ferner vorzugsweise in Häusern mit Luftheizung, und waren um so intensiver, je besser die Räume in der Winterkälte ausgeheizt waren.

Ein eigenes Capitel bildet die Electricität des Blutes, und der Absonderungen, über welche man früher mannigfaltige Versuche angestellt hat, ohne dass viel für die Physiologie eigentlich Verwerthbares daraus hervorgegangen ist. Interessant ist es, dass, wie Vasalli-Eandi entdeckte, der in metallene, isolirte Gefässe gelassene Urin negativ electrisch ist. An der Sache selbst, sagt du Bois, ist nicht zu zweifeln, da Volta sie ausführlich bestätigt, und über den Grund der Erscheinung experimentirt hat. Er vermuthete, dass diese Electricität von derselben Ursache herrühre, wie die von Tralles in der Umgebung von Wasserfällen erkannte, nämlich, dass sie Folge des Auffallens des Wassers sei. Diese Ansicht zeigte sich jedoch nicht stichhältig; denn, als er eine grosse Spritze mit warmem Urin anfüllte und nun einen viel kräftigeren Strahl, als ihn die Zusammenziehung der Blase zu erzeugen vermag, in das Becken trieb, erhielt er niemals auch nur das geringste Zeichen von Electricität.

Eine andere interessante Thatsache ist von John Murray beobachtet worden. Dieser fand, dass die frisch gezogenen Spinnfäden negativ electrisirt seien. Seine Versuche beziehen sich namentlich auf das Gespinnst der Aranea aeronautica, der Erzeugerin des „fliegenden Sommers". „Bringt man den Leitungsdraht nahe an den Faden, an welchem die Spinne hängt, besonders an die Flöckchen und wolligen Kügelchen, so wird der Faden bedeutend aus der perpendiculären Richtung abgezogen, und der Draht übt auf den horizontalen Faden eine Attraction aus. Nähert man eine Stange geriebenes Siegellack dem hängenden Faden, so wird er davon augenscheinlich abgestossen, folglich ist die Electricität desselben negativ. Hält man die geriebene Stange über das Thier, so steigt es augenscheinlich herab, und wenn man es auf stark geriebenes Siegellack fallen lässt, so springt es mit bedeutender Kraft in die Höhe. Am 8. Juli 1822, 4 Uhr Nachmittags, sagt Murray, näherte ich zwei aeronautische Spinnen, jede an einem besonderen Faden hängend, einander; es erfolgte eine Abstossung, und wenn eine momentan mit der andern in Berührung gebracht wurde, so fiel sie augenblicklich in der perpendiculären Richtung tiefer herab. Eine geriebene Glasröhre schien den Faden und mit ihm die Spinne anzuziehen. Wenn das Insekt auf diese Weise positiv electrisirt wurde, so stieg es mit ausserordentlicher Schnelligkeit herab, und spann dabei Fäden, die, wie ich beim Aufwickeln derselben bemerkte, wenigstens 30 Fuss lang waren."

Fechner bestätigt diese Ergebnisse durchaus. Ueber ihren erdenkbaren Nutzen in der Oekonomie der Spinnen urtheilt Murray folgendermassen. Er stellt sich erstens vor, dass bei herrschender positiver Electricität der oberen Luftschichten die Fäden vermöge ihrer negativen Electrisirung von selbst einen Zug nach oben erhalten und aufsteigen können. Zweitens bemerkt er, dass die in der Luft gesponnenen Fäden sich nicht mit einander vereinigen, sich vielmehr stets von einander absondern, und er vermuthet, dass dies die Folge der gleichnamigen Electrisirung aller sein dürfte. Was den Ursprung der Electricität betrifft, so sagte er nur: „Beim plötzlichen Aufziehen eines ganz fein gesponnenen Glasfadens habe ich bemerkt, dass er in der verticalen Richtung blieb, und bei der Untersuchung fand ich ihn electrisch." Das sind die interessantesten Angaben aus diesem Capitel.

Grundzüge der thierischen Organisation.

Als das Mikroskop zuerst die Wunder einer bis dahin unsichtbaren Thierwelt erschloss, da konnten sich einige Beobachter dem Glauben hingeben, dass die kleinen Wesen, welche man nur unter dem Mikroskop sah, und welche man damals noch ziemlich unterschiedlos mit dem Namen der Infusionsthierchen bezeichnete, noch ebenso complicirt gebaut seien, wie die höheren Thiere. Ja man scheute sich nicht auszusprechen, dass ein Infusionsthierchen ebenso complicirt und in seiner Art ebenso hoch organisirt sei, wie ein Elephant. Wenn es nun auch sicher richtig ist, dass diese mikroskopischen Thierchen noch eine reichhaltige Organisation haben, wenn es auch richtig ist, dass ihre Organisation weit über das hinausgeht, was wir jetzt mit unseren besten Mikroskopen sehen; so würde es doch andererseits sicher ein Irrthum sein, wenn man glauben wollte, dass die Art von complicirter Organisation, wie wir sie gerade an höheren Thieren finden, sich bei den niederen Thieren wiederholen müsste; mit anderen Worten, dass ein solches niederes Thier ein Athemorgan, eine Leber, ein Centralnervensystem, ein Herz u. s. w. haben müsste, wie es die höheren Thiere haben. Die Einrichtungen des Organismus der höheren Thiere sind zum Theil wesentlich an die grösseren Dimensionen geknüpft und würden bedeutungslos werden in einem sehr kleinen Organismus, gerade so, wie Eisenbahnen, Telegraphen, Markthallen u. s. w., bedeutungslos sein würden für eine Insel in der Südsee von $^1/_{20}$ Quadratmeile Flächeninhalt, die sich als selbstständiger Staat constituirt hätte.

Die niedrigsten Organismen, welche wir kennen, sind die Rhizopoden, und unter ihnen sind es wieder die Amöben, welche uns deshalb besonders interessiren, weil sie ganz analog denjenigen Elementarorganismen, oder, wenn Sie wollen, Partialorganismen, organisirt sind, aus welchen sich die höheren Wirbelthiere und der Mensch aufbauten, und welche man mit dem Namen der Embryonalzellen belegt. Eine solche Amöbe ist ein kleines, weiches Gebilde, ein Gebilde von sehr geringer Consistenz. Wenn ich sagen würde ein gallertartiges Gebilde, würde ich damit nicht einmal das Richtige ausdrücken, indem nur die abgestorbene Amöbe gallertartig ist, da nur die abgestorbene Amöbe eine bestimmte Gleichgewichtsgestalt hat, wie ein Gallertflöckchen, während die lebenden Amöben, wie schon ihr Name andeutet, ihre Gestalt wechseln, sich platt ausbreiten, lange Fortsätze ausstrecken, diese wieder einziehen, kurz die verschiedenartigsten Formen annehmen. In vielen von ihnen findet sich in der Mitte ein rundliches Gebilde, das man mit dem Namen des Kernes bezeichnet. Man kennt indessen auch kernlose Amöben. Abgesehen von diesem und kleinen Körnchen, die sich in der weichen Masse ihres Leibes, im sogenannten Protoplasma, der Sarkode, vorfinden, unterscheiden wir mit dem Mikroskope nichts von einer Organisation. Wir können auch sicher sagen, dass den Amöben schon das abgeht, was wir sonst als erstes Attribut der Organisation finden, nämlich eine Nahrungshöhle. Wir können dies deshalb sagen, weil wir unter unseren Augen sehen, wie die Amöbe sich ernährt. Sie ernährt sich so, dass sie ihren weichen Körper um den Gegenstand, mit dem sie sich ernähren will, gewissermassen herumgiesst, in dieser Lage so lange verharrt, bis sie dem Körper die resorbirbaren

Substanzen entzogen, und sich dann wieder von ihm trennt. Ein ausgezeichneter Botaniker glaubte einmal die Umwandlung eines Stärkemehlkornes in eine Amöbe gesehen zu haben, weil er fand, dass das Stärkemehlkörnchen sich mit einem feinkörnigen Saume umgab, dass dieser sich verbreiterte, und dass das ganze offenbar jetzt eine Amöbe war, in deren Innerem ein Stärkemehlkorn oder der Rest desselben lag. Er überzeugte sich aber später von seinem Irrthume; er fand dass die Amöbe nicht aus dem Stärkemehlkorn entsteht, sondern dass die Amöbe sich nur um das Stärkemehlkorn herumgegossen, dasselbe in ihren Körper eingeschlossen hatte, um sich davon zu ernähren. Noch viel häufiger ist es, dass kleinere Körper in grösserer Anzahl in den weichen Leib der Amöbe hineingezogen werden. Sie werden darin theilweise aufgelöst, ausgelaugt, und der unverdauliche Rest wird wieder ausgestossen.

Eine solche Existenz ist da möglich, wo der zu ernährende Organismus sehr klein, und der Stoffwechsel langsam ist: da kann von einer ad hoc gebildeten inneren Oberfläche aus so viel Nahrungsstoff aufgenommen werden, als eben zur Ernährung des Thieres nothwendig ist. Anders ist es, wenn die Dimensionen grösser werden, oder wenn der Stoffwechsel ein geschwinderer wird, wenn mehr lebendige Kraft erzeugt werden soll, als hier verbraucht wird. Da muss eine eigene Nahrungshöhle vorhanden sein, in welcher die zu verdauenden Substanzen aufgenommen werden. Sie ist entweder ein Blindsack oder ein Rohr, das einfach oder gewunden durch den Körper hindurchgeht und so schon das darstellt, was wir mit dem Namen des Darmkanals bezeichnen. In dem Grade als die Dimensionen des Körpers und die Geschwindigkeit des Stoffwechsels wachsen, in dem Grade als relativ mehr Substanz verbrannt wird, werden eigene Organe nöthig für die Ausscheidung der zersetzten Stoffe, es wird endlich auch die Menge des Sauerstoffes, welcher von der Körperoberfläche aufgenommen werden kann, zu wenig; es muss eine locale Vermehrung der Oberfläche vorhanden sein, von welcher der Sauerstoff aufgenommen wird, ein Respirationsorgan. Dieses bedingt aber nothwendig wiederum ein Kanalsystem, in welchem sich Flüssigkeit bewegt, die einerseits die verdauten Substanzen, und andererseits den absorbirten Sauerstoff mit einander in Berührung bringt, kurz es ist ein Gefässsystem nothwendig, und mit diesen complicirten Einrichtungen hängen natürlich auch alle übrigen zusammen, Nervensystem, Muskelsystem, endlich das, wie es scheint, auf verhältnissmässig sehr tiefen Stufen schon ausgebildete Reproductionssystem, ein Sexualapparat.

Das Blut.

Die Blutkörperchen.

Wenn wir das Blut untersuchen, so finden wir darin eine Menge von kleinen Körperchen, wovon ein Theil, aber die Minderzahl, farblos, und den Amöben im hohen Grade ähnlich ist. Sie haben mit den Amöben gemein, dass sie einen weichen Leib mit feinkörnigem Protoplasma haben,

dass sie Fortsätze ausstrecken, und entweder einen einzelnen Kern oder einen Haufen von mehreren Kernen neben einander haben. Ausserdem findet sich aber im Blute eine viel grössere Anzahl von farbigen Körpern, welche unter dem Mikroskope gelbgrünlich erscheinen und in Massen zusammengehäuft roth sind, so dass das Blut ihnen seine rothe Farbe verdankt. Sie sind es, welche man insonderheit mit dem Namen der Blutkörperchen oder der rothen Blutkörperchen bezeichnet, während man die anderen farblosen mit dem Namen der weissen Blutkörperchen oder der Lymphkörperchen bezeichnet, weil sie aus der Lymphe stammen, bei der wir sie näher betrachten werden.

Die rothen Blutkörperchen sind beim Menschen kreisrunde Scheiben, die an einer oder an beiden Seiten eine Delle, einen Eindruck haben. Ihr Durchmesser beträgt ungefähr $^1/_{300}$ Linie. Aehnlich sind sie bei den meisten Säugethieren, bald etwas grösser, bald etwas kleiner als beim Menschen, nur bei den verschiedenen Arten der Kameele und der Lamas sind sie elliptisch. Die bedeutend grösseren Blutkörperchen der Vögel, der beschuppten und der nackten Amphibien und der Fische, sind sämmtlich mit Ausnahme der von Myxine und Petromyzon, elliptische Scheiben. Sie haben in der Mitte, die etwas aufgetrieben, etwas dicker als der übrige Theil der Scheibe ist, einen elliptischen Fleck, der in ganz frischen und lebenden Blutkörperchen undeutlich begrenzt ist und sich durch seine lichtere Farbe auszeichnet. Man bezeichnet ihn mit dem Namen des Kernes, indem er, wenn man Jodtinctur oder andere Reagentien hinzubringt, sich schärfer conturirt, und nun das Ansehen eines sogenannten Zellenkernes erhält.

Wir sind hier an einen Punkt gekommen, wo wir uns erst näher mit der Terminologie der Zellentheorie bekannt machen müssen.

Als das Mikroskop zuerst zum Studium pflanzlicher und thierischer Gewebe verwendet wurde, beobachtete man, dass ein dünner Schnitt von einem Pflanzengewebe lauter kleine polyedrische Höhlen zeigt. Man war ursprünglich der Meinung, dass dies Höhlen in einer continuirlichen Substanz seien, ähnlich so, wie die Löcher im Brode Höhlen in einer continuirlichen Substanz sind. Dutrochet wies aber nach, dass dies nicht so sei, sondern dass der Pflanzenleib aus lauter kleinen schlauchartigen Gebilden aufgebaut sei, die sich gegen einander abgeplattet haben, dass also jede dieser einzelnen Höhlen durch besondere Wandungen begrenzt, und die Höhle eines ganz für sich bestehenden Gebildes sei. Diese kleinen Schläuche nannte man Zellen, und Robert Brown, der berühmte englische Botaniker, wies nach, dass bei weitem in den meisten dieser Zellen, wie man damals und längere Zeit später glaubte, in allen Zellen, ein sogenannter Kern vorhanden sei, das heisst ein runder Körper, der gewöhnlich nicht in der Mitte, sondern seitlich an der Wand liegt, und den eben Robert Brown mit dem Namen des Zellenkernes bezeichnete. Auf diese Weise unterschied man an den Zellen, aus welchen die Pflanze gebildet wird, drei Theile, eine feste äussere Hülle, die Zellmembran, einen flüssigen Inhalt, den sogenannten Zellinhalt, und endlich einen festen Körper im Innern, den Zellenkern.

Als nun später Schwann seine berühmten Untersuchungen über die Uebereinstimmung in der Structur und dem Wachsthume der Thiere und Pflanzen veröffentlichte, als er nachwies, dass der Thierleib sich

ebenso aus einer Summe von ursprünglich ähnlichen Gebilden aufbaue, wie der Pflanzenleib, da ging die Nomenclatur, die für die Pflanzenzelle gebildet war, auch auf die thierische Zelle über, und man war überzeugt, dass alle diese Zellen aus einer membranösen Hülle, aus einem flüssigen Inhalte und aus dem Zellenkerne beständen. In neuerer Zeit hat man seine Vorstellungen hierüber wesentlich ändern müssen. So richtig an und für sich die Parallele ist, welche Schwann zwischen den thierischen Zellen und den pflanzlichen Zellen, oder, wie wir lieber sagen wollen, zwischen den thierischen und pflanzlichen Elementarorganismen gezogen hatte, so hatte er sich doch in Rücksicht auf den Bau der thierischen Zelle geirrt, und das hing damit zusammen, dass damals der Bau der Pflanzenzelle selbst noch nicht vollständig verstanden war. Das Verständniss des Baues der Pflanzenzelle konnte erst aufgehen, nachdem uns Hugo von Mohl auf der Innenseite der Cellulosemembran noch ein eigenes Gebilde kennen gelehrt hatte, welches er mit dem Namen des Primordialschlauches belegte, und von dem er richtig aussagte, dass es früher da sei als die Cellulosemembran. Dieser Primordialschlauch war der eigentliche Leib des Elementarorganismus, und die sogenannte Zellmembran war nichts anderes als das Gehäuse, welches dieser Leib um sich gebildet hatte, in ähnlicher Weise, wie eine Muschel oder eine Schnecke ein Gehäuse um ihren Körper bildet. Wenn man nun die jetzt bekannten Theile der Pflanzenzelle mit der Thierzelle vergleicht, so muss der Kern der Pflanzenzelle mit dem der Thierzelle verglichen werden: der Leib der Thierzelle aber, die Substanz, die um den Kern gelagert ist, besteht, wie die neueren Untersuchungen gezeigt haben, im jugendlichen Zustande, ähnlich dem Amöbenleibe, aus einem Protoplasma, das wiederum der Substanz des Primordialschlauches analog ist. Der Primordialschlauch ist also der eigentliche Zellenleib, der dem Leib der thierischen Zelle zu vergleichen ist. Die Höhle im Innern der Pflanzenzelle, die mit Flüssigkeit gefüllt ist, ist etwas, was in der Regel in der Thierzelle kein Analogon findet, und ebenso ist auch die Cellulosemembran, die auswendig den Primordialschlauch, also den Zellenleib umgibt, etwas, was in der Regel in der Thierzelle kein Analogon findet. Die thierische Zelle ist also für uns zunächst ein Protoplasmaklümpchen, welches contractil ist, welches Fortsätze ausstreckt, und in welchem wir wenigstens bei weitem in den meisten Fällen im Innern noch ein Gebilde unterschieden, das wir mit dem Namen des Kernes belegen. Die pflanzliche Zelle in ihrer allgemeinen Fassung braucht auch nichts weiter, aber im Verlaufe ihrer weiteren Entwicklung bekleidet sie sich nach aussen mit einem Gehäuse und innen bildet sie eine Höhle, in welcher sich Flüssigkeit ansammelt. Dass auch das pflanzliche Protoplasma, die Masse des sogenannten Primordialschlauches, in ähnlicher Weise contractil sei, wie wir es an freilebenden Amöben, wie wir es auch an manchen Zellen des menschlichen Organismus sehen, das lässt sich sehr deutlich und schön an gewissen Pflanzenzellen, z. B. an den Brennhaaren der Nessel, Urtica urens, wahrnehmen. Die Brennhaare solcher Nesseln bestehen aus einer grossen Zelle, die mittelst zahlreicher kleiner in die grüne Rindenschicht eingefügt ist. Die Membran dieser Zelle ist farblos und glashell, nach innen von der Protoplasmaschicht, dem Primordialschlauche ausgekleidet, und darin liegt an der Basis der Zelle der Zellenkern. Im Protoplasma sieht

dass sie Fortsätze ausstrecken, und entweder einen einzelnen Kern oder einen Haufen von mehreren Kernen neben einander haben. Ausserdem findet sich aber im Blute eine viel grössere Anzahl von farbigen Körpern, welche unter dem Mikroskope gelbgrünlich erscheinen und in Massen zusammengehäuft roth sind, so dass das Blut ihnen seine rothe Farbe verdankt. Sie sind es, welche man insonderheit mit dem Namen der Blutkörperchen oder der rothen Blutkörperchen bezeichnet, während man die anderen farblosen mit dem Namen der weissen Blutkörperchen oder der Lymphkörperchen bezeichnet, weil sie aus der Lymphe stammen, bei der wir sie näher betrachten werden.

Die rothen Blutkörperchen sind beim Menschen kreisrunde Scheiben, die an einer oder an beiden Seiten eine Delle, einen Eindruck haben. Ihr Durchmesser beträgt ungefähr $^1/_{300}$ Linie. Aehnlich sind sie bei den meisten Säugethieren, bald etwas grösser, bald etwas kleiner als beim Menschen, nur bei den verschiedenen Arten der Kameele und der Lamas sind sie elliptisch. Die bedeutend grösseren Blutkörperchen der Vögel, der beschuppten und der nackten Amphibien und der Fische, sind sämmtlich mit Ausnahme der von Myxine und Petromyzon, elliptische Scheiben. Sie haben in der Mitte, die etwas aufgetrieben, etwas dicker als der übrige Theil der Scheibe ist, einen elliptischen Fleck, der in ganz frischen und lebenden Blutkörperchen undeutlich begrenzt ist und sich durch seine lichtere Farbe auszeichnet. Man bezeichnet ihn mit dem Namen des Kernes, indem er, wenn man Jodtinctur oder andere Reagentien hinzubringt, sich schärfer conturirt, und nun das Ansehen eines sogenannten Zellenkernes erhält.

Wir sind hier an einen Punkt gekommen, wo wir uns erst näher mit der Terminologie der Zellentheorie bekannt machen müssen.

Als das Mikroskop zuerst zum Studium pflanzlicher und thierischer Gewebe verwendet wurde, beobachtete man, dass ein dünner Schnitt von einem Pflanzengewebe lauter kleine polyedrische Höhlen zeigt. Man war ursprünglich der Meinung, dass dies Höhlen in einer continuirlichen Substanz seien, ähnlich so, wie die Löcher im Brode Höhlen in einer continuirlichen Substanz sind. Dutrochet wies aber nach, dass dies nicht so sei, sondern dass der Pflanzenleib aus lauter kleinen schlauchartigen Gebilden aufgebaut sei, die sich gegen einander abgeplattet haben, dass also jede dieser einzelnen Höhlen durch besondere Wandungen begrenzt, und die Höhle eines ganz für sich bestehenden Gebildes sei. Diese kleinen Schläuche nannte man Zellen, und Robert Brown, der berühmte englische Botaniker, wies nach, dass bei weitem in den meisten dieser Zellen, wie man damals und längere Zeit später glaubte, in allen Zellen, ein sogenannter Kern vorhanden sei, das heisst ein runder Körper, der gewöhnlich nicht in der Mitte, sondern seitlich an der Wand liegt, und den eben Robert Brown mit dem Namen des Zellenkernes bezeichnete. Auf diese Weise unterschied man an den Zellen, aus welchen die Pflanze gebildet wird, drei Theile, eine feste äussere Hülle, die Zellmembran, einen flüssigen Inhalt, den sogenannten Zellinhalt, und endlich einen festen Körper im Innern, den Zellenkern.

Als nun später Schwann seine berühmten Untersuchungen über die Uebereinstimmung in der Structur und dem Wachsthume der Thiere und Pflanzen veröffentlichte, als er nachwies, dass der Thierleib sich

ebenso aus einer Summe von ursprünglich ähnlichen Gebilden aufbaue, wie der Pflanzenleib, da ging die Nomenclatur, die für die Pflanzenzelle gebildet war, auch auf die thierische Zelle über, und man war überzeugt, dass alle diese Zellen aus einer membranösen Hülle, aus einem flüssigen Inhalte und aus dem Zellenkerne bestünden. In neuerer Zeit hat man seine Vorstellungen hierüber wesentlich ändern müssen. So richtig an und für sich die Parallele ist, welche Schwann zwischen den thierischen Zellen und den pflanzlichen Zellen, oder, wie wir lieber sagen wollen, zwischen den thierischen und pflanzlichen Elementarorganismen gezogen hatte, so hatte er sich doch in Rücksicht auf den Bau der thierischen Zelle geirrt, und das hing damit zusammen, dass damals der Bau der Pflanzenzelle selbst noch nicht vollständig verstanden war. Das Verständniss des Baues der Pflanzenzelle konnte erst aufgehen, nachdem uns Hugo von Mohl auf der Innenseite der Cellulosemembran noch ein eigenes Gebilde kennen gelehrt hatte, welches er mit dem Namen des Primordialschlauches belegte, und von dem er richtig aussagte, dass es früher da sei als die Cellulosemembran. Dieser Primordialschlauch war der eigentliche Leib des Elementarorganismus, und die sogenannte Zellmembran war nichts anderes als das Gehäuse, welches dieser Leib um sich gebildet hatte, in ähnlicher Weise, wie eine Muschel oder eine Schnecke ein Gehäuse um ihren Körper bildet. Wenn man nun die jetzt bekannten Theile der Pflanzenzelle mit der Thierzelle vergleicht, so muss der Kern der Pflanzenzelle mit dem der Thierzelle verglichen werden: der Leib der Thierzelle aber, die Substanz, die um den Kern gelagert ist, besteht, wie die neueren Untersuchungen gezeigt haben, im jugendlichen Zustande, ähnlich dem Amöbenleibe, aus einem Protoplasma, das wiederum der Substanz des Primordialschlauches analog ist. Der Primordialschlauch ist also der eigentliche Zellenleib, der dem Leib der thierischen Zelle zu vergleichen ist. Die Höhle im Innern der Pflanzenzelle, die mit Flüssigkeit gefüllt ist, ist etwas, was in der Regel in der Thierzelle kein Analogon findet, und ebenso ist auch die Cellulosemembran, die auswendig den Primordialschlauch, also den Zellenleib umgibt, etwas, was in der Regel in der Thierzelle kein Analogon findet. Die thierische Zelle ist also für uns zunächst ein Protoplasmaklümpchen, welches contractil ist, welches Fortsätze ausstreckt, und in welchem wir wenigstens bei weitem in den meisten Fällen im Innern noch ein Gebilde unterschieden, das wir mit dem Namen des Kernes belegen. Die pflanzliche Zelle in ihrer allgemeinen Fassung braucht auch nichts weiter, aber im Verlaufe ihrer weiteren Entwicklung bekleidet sie sich nach aussen mit einem Gehäuse und innen bildet sie eine Höhle, in welcher sich Flüssigkeit ansammelt. Dass auch das pflanzliche Protoplasma, die Masse des sogenannten Primordialschlauches, in ähnlicher Weise contractil sei, wie wir es an freilebenden Amöben, wie wir es auch an manchen Zellen des menschlichen Organismus sehen, das lässt sich sehr deutlich und schön an gewissen Pflanzenzellen, z. B. an den Brennhaaren der Nessel, Urtica urens, wahrnehmen. Die Brennhaare solcher Nesseln bestehen aus einer grossen Zelle, die mittelst zahlreicher kleiner in die grüne Rindenschicht eingefügt ist. Die Membran dieser Zelle ist farblos und glashell, nach innen von der Protoplasmaschicht, dem Primordialschlauche ausgekleidet, und darin liegt an der Basis der Zelle der Zellenkern. Im Protoplasma sieht

man fortwährend wellenförmige Bewegungen an der inneren, der Intracellularflüssigkeit zugewendeten Oberfläche, so dass man anfangs geglaubt hat, dass dieses Protoplasma zähflüssig sei, und an der inneren Wand der Cellulosemembran entlang fliesse. Das ist aber durchaus nicht der Fall, sondern das sind Bewegungen, welche darin bestehen, dass sich eine Contractionswelle nach der andern bildet, in einer bestimmten Richtung fortschreitet, und dann wieder verstreicht. Im Zusammenhange mit dieser Bewegung steht eine regelmässige Fortbewegung der Körnchen im Protoplasma, welche mit dazu Veranlassung gegeben hat zu glauben, dass das ganze Protoplasma fliesse. Man kann sich aber leicht überzeugen, dass das Protoplasma nicht fliesst, dass nur die Körnchen in einem System von Hohlräumen fliessen, welches in diesem Protoplasma vorhanden sein muss. Wenn man electrische Schläge auf ein solches Brennhaar einwirken lässt, so werden eine Menge von Fortsätzen gegen das Innere getrieben, und augenblicklich stockt die Körnchenbewegung. Wenn die Schläge nur schwach gewesen sind, so ziehen sich diese Fortsätze wieder zurück, und das Ganze kommt wieder in seinen früheren Gang. Sind die Schläge aber zu stark gewesen, so bemerkt man, dass Körnchen in die innere Höhle austreten, dass also bei diesem Ausstossen von Fortsätzen das Protoplasma zerrissen sein muss. Man bemerkt später, dass das Protoplasma nicht ganz wieder in seine frühere Lage zurückkehrt, dass die Körnchenbewegung aufhört, und wenn man kurze Zeit wartet, so trübt sich der Primordialschlauch, und fängt an sich stellenweise von der Cellulosemembran abzulösen. Man hat den Leib dieser Pflanzenzelle getödtet, und daher diese Erscheinungen der Trübung, der Ablösung. Wir werden später bei der thierischen Zelle ganz analoge Erscheinungen kennen lernen.

Die rothen Blutkörperchen sind nun auch als Zellen angesehen worden, und man unterschied demgemäss an den kernhaltigen Blutkörperchen eine Zellmembran, eine feste Hülle, einen flüssigen Inhalt und einen Zellkern. Wir wollen diese kernhaltigen Blutkörperchen zuerst betrachten, weil wir mehr von ihnen wissen, als von den kernlosen Blutkörperchen der Säugethiere und des Menschen.

Zunächst fragt es sich, ob wirklich eine Zellmembran und ein flüssiger Inhalt vorhanden sei. Das widerspricht Beobachtungen, welche man an den Blutkörperchen gemacht hat, und täglich an ihnen machen kann. Man sieht Stücke von Blutkörperchen, die noch gefärbt sind, herumschwimmen, was natürlich nicht möglich wäre, wenn das Blutkörperchen ein Bläschen, ein Schlauch, und der Farbstoff, wie man annahm, in dem flüssigen Inhalte enthalten wäre. Denn wenn das Blutkörperchen zertrümmert ist, müsste dann der Farbstoff herausfliessen und sich mit der umgebenden Flüssigkeit mischen. Man sieht ferner, wenn man gewisse anscheinend indifferente Substanzen, wie Harnstoff zusetzt, die Blutkörperchen in Tropfen zerfallen, ohne dass man dabei eine Membran zerreissen sieht. Man sieht die Blutkörperchen sich durch enge Räume drängen, wobei sie ihre Form in so hohem Grade verändern, sich so verlängern können, dass man nicht mehr weiss, welche Elasticität man der Membran zuschreiben sollte, die ihren Inhalt umgibt. Rollet hat sie in Leim eingeschlossen, den Leim gelatiniren lassen und nun unter dem Mikroskope gedrückt. Er hat dabei gefunden, dass die Blutkörperchen ihre Form in ähnlicher Weise verändern, wie es eine halbflüssige Masse

thun würde, ohne dass es dabei jemals zum Zerreissen einer Membran käme. Man hat endlich Spitzen und Fortsätze aus den Blutkörperchen heraustreten sehen, wie sie mit dem Vorhandensein einer Membran nicht vereinbar sein würden. Die Bläschennatur der Blutkörperchen wird auch kaum mehr ernstlich vertheidigt; es handelt sich nur noch darum, ob eine äussere festere Schicht vorhanden ist, eine, wenn auch an sich ziemlich weiche, doch etwas festere Schicht als der Inhalt: es ist aber schwer, etwas Sicheres über dieselbe zu erfahren. Die festen Rindenschichten, welche man durch Zusatz von Reagentien demonstrirt hat, die mit Bestandtheilen der Blutkörper unlösliche oder schwerlösliche Verbindungen bilden, sind bedeutungslos, weil man hier eben durch das Reagens die Rinde härter machte, als sie von Natur ist.

Am meisten erfährt man über die Blutkörperchen, wenn man sie ganz frisch in einprocentige Borsäurelösung hineinfallen lässt, das heisst in solche Borsäurelösung, die im Liter zehn Gramme geschmolzene Borsäure enthält. Man verwende dazu die Blutkörperchen von Tritonen, denen man den Kopf abschneidet, und das Blut direct in die Borsäurelösung hineintropfen lässt. Sie senken sich darin wie ein feiner Sand, oder wie hineingestreutes Ziegelmehl zu Boden. Man giesst die überflüssige Borsäure ab, und bringt etwas von dem Satze unter das Mikroskop. Man sieht, dass sich jedes Blutkörperchen in eine helle, ganz farblose, durchsichtige Masse, und in eine gefärbte Masse, welche in ihrem Innern den Kern enthält, trennt. Diese gefärbte Masse drängt sich immer mehr nach der Seite hin und fängt an, den Rand des farblosen Stückes zu überragen, und endlich trennt sie sich in vielen Fällen vollständig davon ab, so dass sie gesondert daneben liegt. Dieser ganze Vorgang, den man vom Anfange an verfolgen kann, wenn man Blut und Borsäure erst unter dem Mikroskope zusammenbringt, geht vor sich, ohne dass man etwas dem Zerreissen einer Membran Aehnliches sieht. Nur bisweilen bemerkt man an dem farblosen Stücke eine schwach angedeutete Linie, wie den Rand eines Kraters. Es ist das der Rand der Grube, in welcher zuletzt noch das farbige Stück gelegen hat.

Das Blutkörperchen hat sich hier also in zwei Stücke getrennt, von denen das eine den Kern und die gefärbte Substanz enhält, das andere dagegen vollständig farblos ist. Ich will das erstere mit dem Namen Zooid, und das zweite mit dem Namen Oekoid bezeichnen, weil ich das erstere Stück als den eigentlichen lebenden Leib des Elementarorganismus ansehe, und das zweite Stück als ein Gehäuse, in welchem dieses Zooid während des Lebens steckt. In welchem Zusammenhange beide mit einander gestanden haben, darüber bekommt man erst Aufschluss, wenn man eine grosse Menge von so behandelten Blutkörperchen untersucht. Dann findet man einzelne, in denen die farbige Substanz in dendritischen Verzweigungen liegt, in deren Centrum sich der Kern befindet. Diese dendritischen Verzweigungen trifft man, wenn man eine hinreichend grosse Menge von Blutkörperchen in verschiedenen Stadien untersucht, einmal so, dass die dendritischen Verzweigungen sehr dicht und sehr reichlich sind, und dann wieder so, dass sie sich auf einige Fortsätze beschränken, die noch aus der übrigen, um den Kern zusammengeballten Masse herausragen. Man kann nicht in Zweifel sein, dass dies Zwischenstufen sind zwischen dem lebenden Zustande und dem

Zustande, wie wir ihn gewöhnlich finden. Der farbige Bestandtheil des Blutkörperchens und mit ihm der eigentlich lebende Zellenleib muss in dem Oekoid in sehr feinen und dicht neben einander liegenden Räumen vertheilt gewesen sein, so dass das ganze Blutkörperchen im lebenden Zustande durch ihn gefärbt war. Wenn er sich vollständig aus diesen Räumen zurückzieht, so bildet er eben den Ballen, den wir als Zooid aus dem Oekoid austreten sehen. Wenn er sich aber nur theilweise, nur aus den letzten Räumen zurückzieht, dann bildet er die dendritischen Figuren, welche wir in verschiedenen Formen an einem Theile der Blutkörperchen sehen.

Woraus das Oekoid gebildet ist, wissen wir bis jetzt nicht; von dem Zooid aber werden wir einen wesentlichen Bestandtheil später chemisch näher kennen lernen.

Es ist kein Zweifel, dass alle kernhaltigen Blutkörperchen in der Weise gebaut sind, wie die Tritonenblutkörperchen. Wenn man sie mit Borsäure behandelt, so bekommt man im Wesentlichen dieselben Erscheinungen, nur mit dem Unterschiede, dass sich nur in seltenen Fällen das Zooid vollständig von dem Oekoid trennt; es ballt sich zusammen, bleibt aber mit dem Zooid in mehr oder weniger fester Verbindung.

Weniger sicher können wir uns über die Blutkörperchen der Säugethiere und des Menschen, über die kernlosen Blutkörperchen, aussprechen. Sie sind, wie wir gesehen haben, in der Regel Kreisscheiben mit einer centralen Depression. Wenn wir sie mit Borsäure behandeln, so kommt auch kein Kern in ihnen zum Vorschein, sondern man sieht zuletzt nichts unter dem Mikroskope als kleine kreisförmige Gebilde, in welchen sich an der einen oder andern Stelle, meist am Rande, ein kleines schwach gefärbtes Klümpchen findet. Man kann von ihnen wesentlich nichts anderes aussagen, als dass sie aus einem mehr festen Theile bestehen, welchen man mit dem Namen des Stroma bezeichnet, und einem anderen, welcher im Wasser löslich ist und sich durch Wasserzusatz aus ihnen entfernen lässt. Wenn man grössere Mengen von Wasser zum Blute hinzubringt, werden die Blutkörperchen immer blässer und blässer, während sich das Serum röthet; es geht also Blutfarbstoff in das Serum über, und von den Blutkörperchen bleibt zuletzt ein äusserst blasses, ungefärbtes Flöckchen, das Stroma zurück. Auch auf anderem Wege lassen sich die Blutkörperchen nach den Untersuchungen von Rollet so verändern, dass der Farbstoff austritt und sich in dem Serum auflöst, während das Stroma zurückbleibt. Das geschieht z. B. durch Gefrieren. Wenn man Blut gefrieren lässt, und es dann wieder aufthaut, so ist es in der Regel schon durchscheinend, oder durchsichtig wie eine Lackfarbe, oder wird es wenigstens jedesmal, wenn man dies Gefrierenlassen und Aufthauen mehrmals hinter einander wiederholt. Wenn man es dann unter dem Mikroskope untersucht, so findet man, dass dieser lackfarbene Zustand daher rührt, dass die Blutkörperchen zerstört sind, dass sie die färbende Substanz an die umgebende Flüssigkeit abgegeben haben, und von ihnen nichts als ein kleines Flöckchen zurückgeblieben ist. Dasselbe kann man, nach den Untersuchungen von Rollet, hervorbringen, wenn man eine ganze Reihe von electrischen Schlägen hindurchsendet. Weiter kann man es dadurch erzielen, dass man das Blut möglichst vollständig entgast, indem man es unter die Luftpumpe bringt, und die Gase möglichst vollkommen auspumpt.

Wenn man zum Blute Kochsalz oder Glaubersalz, oder schwefelsaures Kali, oder phosphorsaures Natron u. s. w. hinzusetzt, so wird es dabei hellroth, und wenn man es jetzt unter das Mikroskop bringt, so findet man, dass die Blutkörperchen geschrumpft sind in Folge davon, dass die Salze, welche man zum Blute gebracht hat, den Blutkörperchen Wasser entzogen haben. Sie sind dabei theils napfförmig geworden theils haben sie sehr unregelmässige Gestalten angenommen, indem durch das Entziehen von Wasser die Scheiben sehr dünn geworden sind, und sich in vielfache Formen verbogen haben.

Eine eigenthümliche, räthselhafte Form der kernlosen Blutkörperchen der Säugethiere und des Menschen ist die sogenannte Sternform. Man fand sie zuerst im Blute Typhöser und glaubte, dass die veränderte Gestalt mit der Krankheit zusammenhänge. Es hat sich aber gezeigt, dass die Blutkörperchen von ganz gesunden Individuen nicht nur sternförmig werden können, sondern sehr häufig sternförmig werden. Wenn man Blut unter das Mikroskop bringen will, so dass es möglichst wenig verändert ist, macht man einen kleinen Stich in die Haut, nimmt einen Objectträger, tupft damit auf und deckt nun darüber ein Deckgläschen, ohne irgend eine Flüssigkeit hineinzubringen. Das Deckgläschen treibt den Bluttropfen auseinander, so dass die Blutkörperchen in einfacher Schicht vertheilt werden. Hat man das rasch gethan, so sieht man die Blutkörperchen in ihrer Scheibenform; hat man aber gezögert, ist das Blut der atmosphärischen Luft ausgesetzt gewesen, so findet man sehr häufig, dass die Blutkörperchen, wie man sich ausdrückt, sternförmig geworden sind. Wenn man diesen vermeintlichen Stern mit stärkeren Vergrösserungen eines guten Mikroskops untersucht, so findet man, dass das Blutkörperchen eigentlich die Form eines Stechapfels hat, es hat seine Scheibenform verloren, und nicht nur am Rande, sondern auf seiner ganzen Oberfläche ragen Spitzen hervor, wie bei einem Stechapfel, oder wie bei den mit dem Namen der Morgensterne belegten Hiebwaffen. Bei stärkeren Vergrösserungen kann man oft sehen, dass diese Spitzen eine bedeutende Länge haben und weit in die umgebende Flüssigkeit hineinragen. Es sind über das Zustandekommen dieser Gestalt zweierlei Erklärungen gegeben worden: Erstens, dass das Ganze auf einem Krystallisationsprocesse im Innern des Blutkörperchens beruhe, und die Spitzen nichts anderes seien, als die hervorragenden Spitzen der Krystalle. Wir werden später sehen, dass sich in diesen Blutkörperchen in der That eine krystallisirbare Substanz befindet, und sogar die grosse Masse des Blutkörperchens ausmacht, indessen ist die Richtigkeit dieser Erklärung doch in hohem Grade zweifelhaft. Von anderer Seite wird angenommen, es sei das Ganze eine Contractionserscheinung, es contrahire sich etwas in dem Blutkörperchen, und in Folge davon würden die Spitzen hervorgetrieben. Auch für diese Annahme fehlt der Beweis; indessen muss ich bemerken, dass man an Tritonenblutkörperchen, die man ohne jeden Zusatz von irgend einem Reagens beobachtet, oft eigenthümliche Formveränderungen vorfindet, die man versucht ist, von einer Zusammenziehung des Zooids herzuleiten, bei welcher sich dasselbe nicht wie auf Borsäurezusatz aus seiner innigen Verbindung mit dem Oekoid löst.

Die mikroskopische Untersuchung des Blutes kann von forensischer Wichtigkeit werden, indem es sich darum handelt, erstens zu constatiren, ob Blut vorhanden sei, und zweitens zu constatiren, ob es Menschenblut

sei, wo nicht, von welchem Thiere es herrühren könne. Wenn das frische Blut als solches vorliegt, so bietet die Untersuchung keine Schwierigkeiten. Das ist aber in der Regel nicht der Fall. In der Regel liegt uns eingetrocknetes Blut vor, und es handelt sich darum, wie man dieses Blut so aufweichen soll, dass man die Blutkörperchen noch erkennen kann. Wenn man es in Wasser aufweicht, so werden sie vollständig zerstört. Man hat andere Flüssigkeiten vorgeschlagen, die, wenn man das Aufweichen unter dem Mikroskope vornimmt, wenn man z. B, einen Faden, an dem die Blutkörperchen hängen, mit der Flüssigkeit unter dem Mikroskop in Berührung bringt, bessere Dienste leisten als das Wasser. Dazu sind vorgeschlagen worden eine concentrirte Lösung von arseniger Säure, dann Schwefelsäure, die bis zu einem gewissen Grade verdünnt worden ist. Das beste von diesen Hilfsmitteln hat aber Virchow angegeben. Es ist eine concentrirte Lösung von Aetzkali. Das Aetzkali zerstört zwar die Blutkörperchen, aber indem sich erst ein Kalialbuminat bildet, das wir später kennen lernen werden, quellen die Butkörperchen in der Aetzkalilösung auf, ohne sich darin aufzulösen, sie bekommen ihre Farbe wieder und nehmen, wenn auch nicht ganz, doch wenigstens ungefähr und in einzelnen Exemplaren ihre frühere Gestalt an. Auf diese Weise kann man unterscheiden, ob Blutkörperchen überhaupt vorhanden sind, ob scheibenförmige kernlose oder elliptische kernlose, oder ob elliptische kernhaltige Blutkörperchen vorhanden sind. Auch über die Grösse der Blutkörperchen bekommt man zwar keinen genauen, aber doch einen ungefähren Aufschluss. Wenn es sich indessen darum handelt zu entscheiden, ob das Blutkörperchen vom Menschen herrührt oder nicht, dann brauchen wir über die Grösse desselben einen genaueren Aufschluss, den wir nur durch Messen erlangen können. Die grössten Blutkörperchen haben die nackten Amphibien, und unter ihnen nach Riddel Amphiuma tridactylum. Siren lacertina hat Blutkörperchen von $\frac{1}{16}$ Mm. Länge und $\frac{1}{30}$ Mm. Breite. Die des Proteus anguineus, des Molchs der Adelsberger Grotte, haben $\frac{1}{18}$ Mm. Länge und $\frac{1}{44}$ Mm. Breite. Grosse Blutkörperchen haben auch Cryptobranchus Japonicus ($\frac{1}{19}$ Mm. Länge und $\frac{1}{32}$ Mm. Breite), und das Axolotl ($\frac{1}{25}$ Mm. Länge und $\frac{1}{45}$ Mm. Breite). Milne Edwards hat in seinen Leçons sur la physiologie et l'anatomie comparée alle Maasse von Blutkörpern verschiedener Thiere, so weit sie bekannt sind, zusammengestellt. Die Blutkörper unseres Wasserfrosches, Rana esculenta, haben $\frac{1}{45}$ Mm. Länge und $\frac{1}{66}$ Mm. Breite. Aehnlich grosse Blutkörper wie die nackten Amphibien, haben die Haie und die Rochen, dann folgen die beschuppten Amphibien, dann die Knochenfische und die Vögel. Bei den Säugethieren sind die Blutkörperchen viel kleiner. Die des Elephanten haben einen Durchmesser von $\frac{1}{108}$ Mm., die von Balaena boops einen Durchmesser von $\frac{1}{122}$ Mm. Ihre Grösse steht im Allgemeinen in keinem Zusammenhange mit der Grösse des Thieres. Nur innerhalb der einzelnen Gruppen steht die Grösse der Blutkörperchen in einem gewissen Zusammenhange mit der Grösse der einzelnen Genera und Species. So haben z. B. die Wiederkäuer im Allgemeinen kleine Blutkörperchen, so dass z. B. die Blutkörperchen eines Ochsen kleiner sind, als die eines Hundes; aber unter den Wiederkäuern hat der kleinste Wiederkäuer, Moschus Javanicus, die kleinsten Blutkörperchen: von ihnen würden 483, der Reihe nach nebeneinandergelegt, erst einen Millimeter ausmachen.

Die menschlichen Blutkörperchen haben im Mittel $\frac{1}{126}$ Mm. im Durchmesser. Sie sind im frischen Zustande von den Blutkörperchen aller Haussäugethiere durch Messung zu unterscheiden, weil diese sämmtlich kleinere Blutkörperchen haben. Die grössten hat unter ihnen der Hund mit $\frac{1}{139}$ Mm., die kleinsten die Ziege mit $\frac{1}{253}$ Mm. bis $\frac{1}{250}$ Mm., demnächst das Schaf mit $\frac{1}{209}$ Mm. Die Blutkörper des Rindes messen $\frac{1}{180}$ bis $\frac{1}{168}$ Mm., die des Pferdes $\frac{1}{181}$ Mm. und die des Schweines $\frac{1}{166}$ Mm. Auch die bei uns jagdbaren Säugethiere haben sämmtlich kleinere Blutkörperchen als der Mensch. Nur im Norden von Europa ist ein Thier jagdbar, das nahezu ebenso grosse Blutkörperchen besitzt wie der Mensch, der gemeine Seehund, Phoca vitulina. Für seine Blutkörper wird $\frac{1}{129}$ als Durchmesser angegeben.

Nachdem das Blut einmal eingetrocknet ist, ist es meistens unmöglich, die Blutkörper zu messen, und somit auch unmöglich zu sagen, ob das Blut vom Menschen herrühre oder nicht. Man hat vorgeschlagen, an dem eingetrockneten Blute die Blutkörperchen zu messen und einen Schrumpfungscoefficienten in Rechnung zu bringen. Bei dem praktischen Ernst der medicinisch-gerichtlichen Fragen ist aber ein solches Verfahren gänzlich zu verwerfen. Die Blutkörper verschrumpfen so unregelmässig, dass man beim Messen gar nicht weiss, welchen Durchmesser der geschrumpften Blutkörperchen man als den richtigen ansehen soll. Es gibt nur einen einzigen Fall, wo Blutkörperchen im eingetrockneten Zustande noch in der Weise gemessen werden können, dass man aus ihnen den Beweis herleiten kann, dass das Blut vom Menschen und nicht von einem Haussäugethier herrühre Dieser einzelne Fall tritt ein, wenn das Blut auf einer glatten durchsichtigen Unterlage, auf Glas, in dünner Schichte angetrocknet ist. Da lehrt nämlich die Erfahrung, dass die Blutkörperchen sich flach an das Glas ankleben und nun eintrocknen, indem sie nur in ihrem kleinen Durchmesser, in ihrem Dickendurchmesser schwinden, dass sie dagegen ihren grossen Durchmesser behalten. Wenn man also Gelegenheit hat, eine Reihe solcher Blutkörperchen durchzumessen, so wird man bei ihnen, wenn sie vom Menschen herrühren, im Mittel einen Durchmesser von $\frac{1}{126}$ Mm. finden, und da bei keinem einzigen Haussäugethiere die Blutkörperchen im Mittel einen solchen Durchmesser haben, so kann man in diesem einzigen Falle sagen, dass das Blut vom Menschen und nicht von einem Haussäugethiere herrühre.

Das Messen der Blutkörper.

Das Messen der Blutkörperchen kann auf zweierlei Weise geschehen: mit dem Schraubenmikrometer und mit dem Glasmikrometer. Alle Messungen mit dem zusammengesetzten Mikroskop beruhen darauf, dass ein umgekehrtes Bild vom Objecte erzeugt wird in einer Ebene innerhalb des Oculars, welche durch eine Blendung, die hier angebracht ist, gekennzeichnet ist. Die Messung mit dem Schraubenmikrometer wird so angestellt, dass man in dieser Blendung ein Fadenkreuz von Spinnweb anbringt, welches man dann durch die Ocularlinse deutlich sieht. In derselben Ebene, in welcher dieses Fadenkreuz von Spinnweb liegt, liegt auch das umgekehrte Luftbild, so dass man gleichzeitig das Fadenkreuz und das umgekehrte Luftbild sieht. Das Schraubenmikrometer besteht

nun in einem Schlitten, auf dem der Objectträger mit dem Objecte ruht, und der durch eine feine Schraube bewegt wird, deren Kopf in Grade eingetheilt und mit einem Nonius versehen ist. Nachdem man das Ocular so gedreht hat, dass der Schlitten sich dem einen Schenkel des Fadenkreuzes parallel und gegen den anderen senkrecht bewegt, legt man auf den Schlitten eine feine Glastheilung z. B. eine solche, in der ein Millimeter in 100 Theile getheilt ist, und richtet sie so, dass die Theilstriche dem Schenkel des Fadenkreuzes parallel sind, gegen den sich der Schlitten senkrecht bewegt. Dann schraubt man sie durch's Sehfeld, und ermittelt auf diese Weise, welche Drehung der Schraube dazu gehört, um sie um je 0,01 Millimeter weiter zu bringen. Dann setzt man an ihre Stelle das Object, treibt es mittelst der Schraube bis hart an den Faden, liest am Schraubenkopf die Stellung der Schraube ab, schraubt weiter, bis es den Faden vollständig passirt hat, und liest wieder ab.

Da der Werth der Schraubengänge vorher empirisch ermittelt worden ist, so hat man hiemit unmittelbar den Durchmesser des Blutkörperchens. Diese Art des Messens wird heutzutage wenig angewendet, und zwar aus verschiedenen Gründen: Erstens weil ein gutes Schraubenmikrometer ein relativ theueres Instrument ist, zweitens, weil es leicht leidet, und endlich weil es eine sichere Aufstellung des Mikroskopes verlangt, die eben in grossen Städten nicht überall zu finden ist. Man arbeitet jetzt meistens mit dem Glasmikrometer. Das Glasmikrometer besteht in einer kleinen Glasplatte, auf der eine beliebige Theilung eingeritzt ist. Diese Glasplatte legt man mit der Theilung nach unten auf die Blendung. Es liegt dann die Theilung in derselben Ebene mit dem zu projicirenden Luftbilde. Durch die Ocularlinse werden also die Theilung und das Luftbild gleichzeitig deutlich gesehen. Wenn man sich nun auf Messungen mit dem Glasmikrometer einrichten will, so legt man zuerst als Object unter das Mikroskop ein Glas, auf dem ein Millimeter in hundert Theile getheilt ist, dann hat man von diesem im ganzen Sehfelde ein stark vergrössertes Bild. Das Bild dieser Theilung ist nicht allein durch die Ocularlinse, sondern auch durch die ganzen Objectivlinsen vergrössert. Das Mikrometer aber, welches im Ocular liegt, ist nur vergrössert durch die Ocularlinse. Beide Bilder projiciren sich auf einander, und wenn man durch Drehen des Oculars die Striche beider Theilungen parallel macht, kann man auszählen, wie viel Intervalle, wie viel Theilstriche des Ocularmikrometers auf einen Zwischenraum zwischen zwei Theilstrichen des Bildes kommen, das von der auf dem Objecttische liegenden Theilung herrührt. In dieser betrug der Abstand der Theilstriche 0,01 Mm. Nehmen wir an, wir fänden beim Auszählen die Zahl 6, so ist der Werth des Theilstriches im Ocular $\frac{1}{600}$ Mm. In dieser Weise werthet man sein Ocularmikrometer mit allen verschiedenen Objectiven aus, welche dem Mikroskope beiliegen, und macht darüber eine Tabelle. Dann misst man später das Object einfach dadurch, dass man auszählt, wie viel Intervalle es von dem Ocularmikrometer einnimmt, und findet aus der Tabelle den Werth des gesuchten Durchmessers. Das Glasmikrometer hat den grossen Vortheil, dass, wenn man einmal die Tabelle gemacht und die Intervalle in Bezug auf ihre Gleichwerthigkeit untersucht hat, das Messen selbst viel rascher und einfacher vor sich geht, als mit dem Schraubenmikrometer. Zweitens hat

es den Vortheil, dass dazu keine besonders feste Aufstellung des Mikroskopes gehört, und endlich hat es den Vortheil, dass ein solches Glasmikrometer niemals in Unordnung kommt, wenn es einmal in allen seinen Theilen controlirt ist. Wenn man sich einmal eine vollständige Tabelle darüber gemacht hat, bleibt es natürlich ein- für allemal brauchbar und gut.

Gerinnung des Blutes.

Wir wollen vorläufig von den farblosen Blutkörperchen, die wir als Lymphkörperchen noch bei der Lymphe abhandeln werden, absehen und wollen direct zum Blute als Ganzem und zu seinen Eigenschaften übergehen. Wenn das Blut aus der Ader gelassen worden ist, so gerinnt es und zwar in der Regel in zwei bis zehn Minuten. Das geht so vor sich, dass zuerst an der Wand des Gefässes und an der Oberfläche desselben, dann durch die ganze Masse der Flüssigkeit das Blut anfängt gelatinös zu werden, und sich in verhältnissmässig kurzer Zeit in eine compacte Gallerte verwandelt. In diesem Zustande bleibt es einige Zeit, dann fängt aber die gallertartige Masse an sich zusammenzuziehen, und aus ihrem Innern eine gelbe oder röthliche Flüssigkeit auszustossen. Das Gerinnen, das Gallertartigwerden des Blutes, tritt nach Boll bei ganz jungen Embryonen nicht ein. Bei Hühnerembryonen erst wenn sie 13 bis 17 Tage alt sind. Es beruht darauf, dass in dem Blute ein Eiweisskörper in den festen Zustand übergeht. Dieser Eiweisskörper ist das sogenannte Fibrin oder der Faserstoff. Der sehr unpassende Name rührt theils von der Vorstellung her, dass der Faserstoff die Grundlage der faserigen Gewebe des Körpers sei, theils rührt er von der Gestalt her, unter welcher man den Faserstoff isolirt. Man schlägt das Blut mit einem Stabe ehe es geronnen ist, dann hängen sich an den Stab lauter fadenförmige Gebilde an, die aus diesem festwerdenden Eiweisskörper bestehen, und zwar so lange bis sich derselbe vollständig ausgeschieden hat. Magendie nannte die hier gerinnende Substanz Coaguline, weil sie freiwillig, schon bei gewöhnlicher Temperatur gerinnt, während sich, wie wir später sehen werden, das Eiweiss des Blutes erst bei einer höheren Temperatur ausscheidet. Dieser Name ist aber nicht durchgedrungen, sondern der ältere, wenn auch unpassendere Name ist allgemein beibehalten worden. Der Faserstoff, indem er gerinnt, schliesst die Blutkörperchen ein: später fängt er an sich zusammenzuziehen. Das kann natürlich nur geschehen, indem zugleich eine Flüssigkeit ausgepresst wird. Diese Flüssigkeit, welche nun den sogenannten Blutkuchen oder das crassamentum sanguinis umspült, bezeichnet man mit dem Namen das serum sanguinis. Wir haben im lebenden Blute unterschieden die Flüssigkeit des Blutes, das Blutplasma, und die Blutkörperchen, die geformten Theile im Blute. Jetzt hat sich aus dem Plasma ein Eiweisskörper ausgeschieden, und dieser hat, indem er die Blutkörperchen und die Flüssigkeit einschloss, das Blut gallertartig gemacht. Aus dieser Gallerte tritt nun wiederum eine Flüssigkeit aus, das Blutserum. Dieses Blutserum ist also nichts anderes als die ursprüngliche Flüssigkeit, das Blutplasma, aus dem sich der Faserstoff, das Fibrin, ausgeschieden hat. Das Blutplasma ist also Blut minus Blutkörperchen, und das Blutserum ist Blutplasma minus Fibrin,

während der Blutkuchen, das crassamentum, das ganze Fibrin, ferner fast alle Blutkörperchen und ausserdem eine grössere oder geringere Menge von Serum enthält, das, in seinem Innern eingeschlossen, noch nicht ausgestossen ist.

Es lässt sich leicht nachweisen, dass die Zusammenziehung des Blutkuchens und die Ausstossung des Serums vom Fibrin ausgeht. Wenn Blut langsam gerinnt, wie dies beim menschlichen Blute in Entzündungskrankheiten, beim Pferdeblute auch im normalen Zustande, der Fall ist; so haben die Blutkörperchen, die specifisch schwerer sind als das Blutplasma, Zeit, sich zu senken: es entsteht dadurch oben eine Schicht, die frei von Blutkörperchen ist, während zu unterst eine Schicht entsteht, die überaus reich an Blutkörperchen ist. Nun gerinnt das Blut. Die klare Schicht von Plasma, welche oben steht, verwandelt sich dadurch in eine verhältnissmässig resistente durchscheinende Schicht von gelbweisslicher Farbe, welcher man den Namen der Speckhaut gegeben hat wegen ihres Ansehens, den Namen crusta phlogistica, weil sie beim Menschenblute namentlich in Entzündungskrankheiten vorkommt. Wenn sich ein solcher mit einer Speckhaut bedeckter Blutkuchen zusammenzieht, so bemerkt man, dass er sich oben, soweit die crusta phlogistica reicht, stärker contrahirt, und dass er sich nach unten verbreitert, ferner, dass seine Oberfläche concav wird, ihr Rand sich erhebt oder vielmehr die Mitte sich vertieft. Das zeigt, dass es das Fibrin ist, welches sich zusammenzieht, denn oben, wo viel Plasma war, wo sich also viel Fibrin ausgeschieden hat, ist die Zusammenziehung am stärksten, unten, wo der grösste Raum von Blutkörperchen eingenommen war, wo wenig Plasma war, also auch wenig Fibrin zur Ausscheidung kam, ist die Zusammenziehung am schwächsten. Damit hängt es auch zusammen, dass im Blute, welches viel Fibrin ausscheidet, sich der Blutkuchen stark zusammenzieht. Das Serum ist dabei klar, weil die Blutkörperchen von der Menge des Fibrins fest eingeschlossen sind. Scheidet sich wenig Fibrin aus, so zieht sich der Blutkuchen wenig zusammen, und nur eine geringe Menge Serum tritt aus. Dasselbe ist von zahlreichen Blutkörperchen rothgefärbt, weil die geringe Menge von Fibrin nicht im Stande ist, diese im Blutkuchen fest zusammenzuhalten.

Es tritt nun an uns die Frage heran: Wann und unter welchen Umständen gerinnt das Blut, und was ist die Ursache der Gerinnung? Die ersten Beobachtungen über Gerinnung des Blutes wurden am Blute des Menschen und der Säugethiere gemacht. Wenn solches Blut aus der Ader gelassen wird, so kommt es erstens in eine andere Temperatur, es kühlt sich ab, zweitens kommt es zur Ruhe, und drittens kommt es mit der atmosphärischen Luft in Berührung. Man war also der Ueberzeugung, dass es einer dieser drei Einflüsse sein müsse, welcher das Blut gerinnen macht. Dass es die Temperaturerniedrigung nicht sei, das musste klar werden, nachdem man bemerkt hatte, dass auch das Blut von kaltblütigen Thieren gerinnt, das sich doch nicht wesentlich abkühlt. Ueberdies zeigte Hewson, dem wir für seine Zeit bei weitem die besten und vollständigsten Untersuchungen über das Blut verdanken, dass frischgelassenes Blut nach Gefrieren und Wiederaufthauen noch flüssig ist und später in normaler Weise gerinnt. Er zeigte ferner, dass, wenn man das frische Blut bei einer Temperatur von 37—38° erhält, also bei der Temperatur des

menschlichen Körpers, es dann nicht nur nicht flüssig bleibt, sondern dass es vielmehr schneller gerinnt als bei gewöhnlicher Zimmerwärme. Es ist sogar behauptet worden, dass das Blut bei Temperaturen, die dem Nullpunkte nahe sind, überhaupt nicht mehr gerinne. Das ist nicht richtig, es gerinnt, aber meist unvollständig und ausserordentlich viel langsamer, als dies bei höheren Temperaturen der Fall ist. Wegen dieser langsamen Gerinnung, bei der sich zuerst nur an den Wänden und an der Oberfläche ein dünnes Coagulum ausscheidet, was mit grosser Langsamkeit gegen die Tiefe hin wächst, hat man sich wahrscheinlich in den Irrthum führen lassen, dass das Blut bei solchen niederen Temperaturen überhaupt nicht gerinne.

So viel ist also jedenfalls gewiss, dass das Gerinnen des Blutes nicht von der Abkühlung herrührt.

Der zweite Punkt war: Das Blut kommt zur Ruhe. Auch das ist die Ursache der Gerinnung nicht. Wenn man Blut in Bewegung erhält, so bleibt es dadurch nicht flüssig, sondern im Gegentheil, wenn man es rührt, wenn man es schlägt, so legen sich mit grosser Geschwindigkeit die Fäden und Flocken des sich ausscheidenden Fibrins an den Stab, mit dem man eben schlägt, an. Andererseits kann man Blut längere Zeit in vollkommener Ruhe flüssig halten, wenn man es in den Gefässen des Thieres lässt. Hewson fand einmal noch nach 13 Stunden einen Theil des Blutes im Herzen eines Hundes flüssig. Ich selbst habe in den Gefässen eines erstickten Hundes noch 6½ Stunden, und bei einem andern noch 7½ Stunden nach dem Tode das ganze Blut flüssig gefunden. Bei kaltblütigen Thieren kann man das Blut noch viel länger flüssig erhalten, wenn man es innerhalb der Gefässe oder innerhalb des Herzens lässt. Das Blut von Schildkröten bleibt in dem unterbundenen Herzen je nach der Temperatur 24, 48 Stunden, ja bei einer Temperatur nahe dem Nullpunkte sogar 7 bis 8 Tage lang flüssig.

Es kommt also nun das dritte Moment, der Zutritt von atmosphärischer Luft. Da hat man zunächst gemeint, es sei der Sauerstoff der Luft, welcher das Blut gerinnen macht. Es ist allerdings wahr, dass Blut, welches man unter verschiedenen Einflüssen hat venös werden lassen, häufig sehr langsam gerinnt, aber es gerinnt doch. Dass der atmosphärische Sauerstoff nicht nöthig ist, um das Blut gerinnen zu machen, davon kann man sich durch folgenden, sehr einfachen Versuch überzeugen. Man stürzt einen Cylinder in Quecksilber so um, dass er mit Quecksilber ganz erfüllt ist; man bindet jetzt in die durchschnittene Jugularvene eines Hundes, nachdem man oberhalb comprimirt hat, eine Glasröhre ein, und verbindet diese Glasröhre mit einem Kautschukschlauch. Man wartet, bis das Blut aus dem Kautschukschlauch herausspritzt, damit gewiss alle atmosphärische Luft ausgetrieben ist. Dann taucht man das Ende unter das Quecksilber und leitet es unter den umgestürzten Cylinder. Das Blut tritt hinein und nachdem sich etwa der halbe Cylinder mit Blut gefüllt hat, nimmt man den Schlauch wieder weg. Jetzt müsste dieses Blut nicht gerinnen; denn es ist ja mit der atmosphärischen Luft auf keine Weise in Berührung gekommen: nichtsdestoweniger gerinnt es ganz in der gewöhnlichen Weise, und auch nicht ungewöhnlich langsam; denn wenn die Gerinnung besonders langsam vor sich ginge, müssten die Blutkörperchen Zeit haben sich zu senken, es würde sich oben eine klare Plasmaschicht bilden, die

sich beim Gerinnen in eine Speckhaut verwandelte. Davon aber ist durchaus nichts zu sehen.

Dieser Versuch zeigt zugleich, dass das Gerinnen nicht vom Entweichen von Kohlensäure herrührt, wie Scudamore glaubte, oder vom Entweichen von Ammoniak, wie Richardson meint.

Ich habe weiter in das Gefässsystem einer lebenden Schildkröte eine gute Quantität atmosphärischer Luft eingeblasen. — Säugethiere gehen dabei bekanntlich sofort zu Grunde, indem die Luftblasen die Capillaren der Lunge verstopfen, und augenblicklich Erstickungstod eintritt. Schildkröten sind diesem plötzlichen Erstickungstode nicht ausgesetzt, und ausserdem überdauern die Lebenseigenschaften in den Geweben das Leben des Individuums sehr lange. Man kann deshalb auch dergleichen Versuche mit ihnen anstellen. Das ganze Blut war schaumig und hellroth, aber es gerann nicht, sondern blieb in den Gefässen flüssig. Wenn also auch anerkannt werden muss, dass arterielles Blut im Grossen und Ganzen schneller gerinnt als venöses, so ist es doch nicht richtig, dass der atmosphärische Sauerstoff das gerinnenmachende Moment für Aderlass- oder irgend welches andere Blut sei, das man aus dem Körper herausgelassen hat.

Ich habe noch einen anderen Versuch angestellt. Wenn man das Blut einer Schildkröte aus dem Herzen herausnimmt, so kann man es eine Viertelstunde lang an der atmosphärischen Luft flüssig erhalten, wenn man es dadurch vor dem Gerinnen schützt, dass man es in eine niedere Temperatur, in eine Kältemischung bringt. Solches Blut habe ich mittelst eines Glasrohres und eines langen Trichters wieder in das Herz zurückgeführt und das Herz zugebunden. Ich fand nach $5\frac{1}{2}$ Stunden das Blut in dem Herzen noch flüssig, und erst nachdem es heraus gelassen war, gerann es langsam, aber vollständig. Es ist also klar, dass keiner der besprochenen Einflüsse das Gerinnen hervorruft. Andererseits hat es sich aber bei diesen Versuchen so wiederholt gezeigt, dass das Blut flüssig bleibt, wenn es sich im lebenden Herzen oder in den lebenden Gefässen befindet, und dass es unter allen Umständen gerinnt, wenn es aus denselben herausgenommen wird, dass wir auf diesen Einfluss der lebenden Gefässwand unsere Aufmerksamkeit näher richten müssen. Aus dem Herzen der Schildkröte kommt eine Reihe von grossen Gefässstämmen. Ich habe nun diese abwechselnd theils einfach unterbunden, so dass sie mit Blut gefüllt waren, theils vorher kleine Glasröhren hineingebracht, denen sich die Gefässwand unmittelbar anlegte, so dass das Blut zunächst mit der Glasröhre in Contact war, nicht mit der Gefässwand selbst. Es hat sich immer und unter allen Umständen gezeigt, dass da, wo Glasröhren eingeschoben waren, das Blut gerann, dass es aber flüssig blieb, wo es direct mit der Gefässwand in Berührung war. Da diese Versuche mit dem Herzen und mit den Gefässen in ganz ähnlicher Weise auch an andern Amphibien angestellt werden können, und nicht nur mit Arterien, sondern auch mit Venen, so ist wohl keinem Zweifel unterworfen, dass der Einfluss der lebenden Gefässe und des lebenden Herzens das Gerinnen verhindert, und dass das Gerinnen eintritt, wenn dieser Einfluss aufhört. Man hat gemeint, dass es ein Einfluss sei, der vom Centralnervensysteme ausgehe, aber es zeigt sich, dass dem nicht so ist: denn man kann diese Versuche noch an ausgeschnittenen Herzen und an ausgeschnittenen Gefässen anstellen. Es fragt sich weiter, ob auch die

Lymphgefässe ein ähnliches Vermögen besitzen, das Blut flüssig zu erhalten. Bei den Schildkröten geht die Aorta durch einen grossen Lymphsack; man kann sie hier anschneiden und eine Blutung in den Lymphsack hinein veranlassen. Nachdem ich dies bei einer Emys europaea gethan hatte, schnitt ich ihr das Herz aus, nachdem ich die grossen Arterien und Venen unterbunden hatte. Dann liess ich das Thier $7\frac{1}{2}$ Stunden lang bei einer Temperatur von 20^0 C. liegen. Nach dieser Zeit war das Blut noch flüssig. Dieser Versuch gab bei mehrmaliger Wiederholung immer dasselbe Resultat.

Wenn ich dagegen eine Staarnadel in das Pericardium einer Emys europaea brachte und das Herz anstach, so dass das Blut in den Herzbeutel floss, so gerann es darin innerhalb der ersten Stunde.

Nachdem diese Erfahrungen gemacht waren, handelte es sich darum, ob bei den warmblütigen Thieren die Verhältnisse dieselben sind. Wenn man untersucht, wie lange Blut in getödteten Säugethieren und Vögeln flüssig bleibt, so findet man, dass es hier nach dem Tode des Individuums viel früher gerinnt, als in den kaltblütigen, namentlich als in den Amphibien. Man muss sich dabei aber zweierlei vor Augen halten. Erstens, dass die Temperatur der warmblütigen Thiere eine viel höhere ist, und dass die höhere Temperatur das Gerinnen beschleunigt, zweitens muss man sich gegenwärtig halten, dass die Gewebe der warmblütigen Thiere nach dem Tode viel früher ihre Lebenseigenschaften verlieren, als dies bei den kaltblütigen der Fall ist. Das ausgeschnittene Herz eines Säugethieres kann im günstigsten Falle noch einige Stunden lang schwache und partielle Contractionen zeigen, während ein ausgeschnittenes Schildkröten- oder Froschherz Tage lang fortpulsirt. Die Lebenseigenschaften der kaltblütigen Thiere dauern aber in den Geweben auch nicht so lange, wenn man dieselben einer höheren Temperatur aussetzt. Ich habe deshalb solche Versuche mit den Herzen von Schildkröten in Brütöfen bei einer Temperatur von 36^0 gemacht und gesehen, dass man hier auch das Blut in ihnen nur etwa 12 Stunden flüssig erhält, also bei weitem nicht so lange, als man es flüssig erhalten kann, wenn man das Schildkrötenherz in der gewöhnlichen Zimmertemperatur lässt, oder wenn man es gar in eine niedere Temperatur bringt, denn Sie erinnern sich, dass bei einer Temperatur von nahe 0^0 das Blut im Schildkrötenherzen 7 bis 8 Tage lang flüssig bleibt.

Es lässt sich nun in der That zeigen, dass auch das Blut von Säugethieren innerhalb der lebenden Gefässe und des lebenden Herzens flüssig erhalten werden kann. Der Igel, Erinaceus europaeus, gehört zu denjenigen Säugethieren, bei welchen die Lebenseigenschaften der Gewebe verhältnissmässig lange nach dem Tode dauern. Ich habe das frisch ausgeschnittene und unterbundene Herz eines Igels unter einer Glocke aufgehängt, nach $4\frac{1}{2}$ Stunden untersucht, und habe gefunden, dass der grösste Theil des Blutes noch flüssig war; etwa zwei Dritttheile waren flüssig und etwa ein Drittel geronnen, und zwar begann das Gerinnsel in der Arteria pulmonalis und erstreckte sich von da in den Ventrikel. Das Herz hatte noch schwache Contractionen durch etwa 3 Stunden gezeigt, und es war mittelst des Magnetelectromotors noch Reizbarkeit im rechten Vorhofe und, wenn auch sehr schwach, im rechten Ventrikel nachweisbar. Ebenso habe ich das Blut von Kätzchen $3\frac{1}{2}$ und 4 Stunden lang flüssig

erhalten. Bei neugebornen Thieren dauern auch die Lebenseigenschaften der Gewebe nach dem Tode länger als bei Erwachsenen. Ich habe auch versucht, Säugethierblut in Schildkrötenherzen zu bringen und es darin flüssig zu erhalten, aber letzteres ist mir nicht gelungen.

Im Allgemeinen kann man wohl sagen, dass das Blut der Säugethiere mehr Neigung hat zu gerinnen als das Blut der kaltblütigen Thiere, da bei den kaltblütigen Thieren das Flüssigbleiben des Blutes die Reizbarkeit des Herzens oft noch überdauert, während bei den warmblütigen Thieren noch Spuren von Reizbarkeit zurück sind, wenn das Blut bereits anfängt zu gerinnen. Ich habe übrigens bei einem Kätzchen doch auch gesehen, dass das Blut noch flüssig war, während das Herz bereits so lange aufgehört hatte zu schlagen, dass sich alle Blutkörperchen in den Ventrikel gesenkt hatten und der Vorhof mit klarem blutkörperchenfreiem Plasma gefüllt war.

Da diese Versuche am ausgeschnittenen Herzen angestellt werden können, so ist es nicht der Einfluss des Centralnervensystems, welcher das Blut flüssig erhält, sondern ein localer Einfluss, der vom Herzen selber ausgeht. Auch für die Gefässe lässt sich dies nachweisen. Ich habe Hunde erstickt und sie dann einfach liegen lassen, andere Hunde habe ich auf dieselbe Weise erstickt, und habe dann mit möglichster Vermeidung von Blutung das Centralnervensystem zerstört. In beiden Fällen ist das Blut im Mittel immer gleich lange nach dem Tode flüssig geblieben. Wäre der Einfluss vom Centralnervensysteme ausgegangen, so hätte das Blut in denjenigen Thieren, in welchen dieses zerstört war, früher gerinnen müssen.

Wie verhält es sich denn mit dem Gerinnen des Blutes innerhalb des lebenden Körpers? Wir sehen ja das Blut innerhalb des lebenden Körpers, innerhalb der Gefässe gerinnen, da wo diese unterbunden worden sind. Darauf beruht ja doch die Thrombusbildung. Zweitens sehen wir unter gewissen Umständen, freilich immer nur an erkrankten Gefässen und da, wo die innere Oberfläche der Gefässe verändert ist, fibrinöse Auflagerungen selbst aus dem sich bewegenden Blut sich ausscheiden.

Was die Thrombusbildung anlangt, so kann man sich dieselbe so erklären, dass man sagt: Es ist für das Säugethierblut nothwendig, dass es, damit es längere Zeit flüssig bleibe, immer von Neuem und mit neuen Partien der Gefässwand in Berührung komme: wenn es stagnirt und also immer nur dieselbe Partie mit demselben Stücke der Gefässwand in Contact bleibt, wird der Einfluss der letzteren zu schwach und das Blut gerinnt. Man muss aber noch ein zweites Moment in Betracht ziehen, man muss in Betracht ziehen, dass die Gefässwand durch das kreisende Blut ernährt und in ihren normalen Eigenschaften erhalten wird. Wenn in einer Partie des Gefässsystems die Circulation aufhört, hört auch die normale Ernährung der Gefässwand auf. Dies kann wohl von Einfluss sein, da die Gerinnung verhältnissmässig langsam erfolgt und der Thrombus erst nach 36 bis 48 Stunden fertig gebildet ist, wenn auch die Gerinnung schon bedeutend früher begonnen hat. Es sind in der That wesentliche Anzeichen vorhanden, dass gerade diese secundäre Wirkung in sehr hohem Grade in Betracht kommt, dass es wesentlich die Veränderung der Gefässwand ist, welche es macht, dass das Blut in dem unterbundenen Gefässe gerinnt. Wenn ausgedehnte Entzündungen

entstehen, in Folge welcher die Circulation in hohem Grade behindert wird, so gerinnt das Blut doch niemals in den Partien, in denen es stagnirt, bis nicht der Uebergang in Brand erfolgt oder erfolgen will. Ferner sieht man bei unterbundenen Gefässen das Coagulum immer von der durch die Ligatur gequetschten Partie der Arterie ausgehen. Man kann deutlich verfolgen und hat deutlich verfolgt, dass jeder Thrombus hier beginnt und dann nach aufwärts wächst, bis er die Stelle erreicht hat, wo der nächste Seitenast abgeht. Einen sehr interessanten Fall hat einmal der italienische Chirurg Notta beobachtet. Er fand bei der Obduction eines Operirten, dem eine Cruralis unterbunden war, dass ein ganz kleines Gefäss nahe über der Unterbindungsstelle abging. Hier hatte sich kein Thrombus in der gewöhnlichen Weise gebildet. Er begann allerdings an der Ligaturstelle und reichte bis zu der Stelle, an welcher der kleine Seitenast entsprang; dann aber lief er in einen cylindrischen Faden aus, der in der Cruralis bis zum Abgehen des nächsten grösseren Astes hinaufreichte. Hier hatte offenbar durch diesen kleinen Ast ein Rest von Circulation stattgefunden, das Blut hatte sich, wenn auch langsam, noch bewegt und dadurch, sei es durch den wechselnden Contact als solchen, sei es dadurch, dass diese Theile der Gefässwand noch in normaler Weise ernährt wurden, war die Gerinnung an den Wänden verhütet, während sie in der Mitte sich fortgesetzt hatte.

Was die Auflagerung von Fibrin auf erkrankte Gefässstellen anlangt, so muss man sie nach denjenigen Versuchen beurtheilen, bei welchen Blut geronnen ist, weil man eine Glasröhre in das Gefäss hineingeschoben hat, wie wir das früher gesehen haben, oder bei denen Blut geronnen ist zwischen Quecksilbertropfen, welche man in das Herz eines Thieres hat hineinlaufen lassen, oder, wo das Blut geronnen ist um einen zusammengewickelten Platindraht, den man in ein Gefäss hineingeschoben hat. In allen diesen Fällen ist das Blut geronnen, weil es mit einem fremden Körper statt mit der Gefässwand in Contact war, und so verhält es sich auch mit der erkrankten Gefässwand. Der erkrankten Partie kommt das Vermögen, das Blut flüssig zu erhalten, nicht mehr zu, und sie verhält sich deshalb dem Blute gegenüber wie ein fremder Körper und, da die Schichten an der Wandung sich immer langsamer bewegen als das übrige Blut, so kommt es hier auch zum Absatz von Fibrinschichten. In neuerer Zeit hat Durante in Stricker's Laboratorium nachgewiesen, dass selbst krankhafte Veränderungen der Gefässwand, welche nur mittelst des Mikroskopes nachweisbar sind, einen Einfluss auf die Gerinnung ausüben.

Wenn wir nun gefragt werden, wie wir uns diesen Einfluss der lebenden Gefässwand auf das Blut denken, und wie wir uns denselben erklären, so müssen wir sagen, dass wir davon auch nicht das allergeringste wissen, nur die Thatsache selbst ist ausser allem Zweifel, sie ist durch zahlreiche Versuche sichergestellt, und wird durch alle neueren Versuche immer wieder bestätigt. Wir wissen überhaupt über den inneren Vorgang der Gerinnung bis jetzt noch relativ wenig, und ehe wir dieses Wenige kennen lernen können, müssen wir uns mit den chemischen Bestandtheilen des Blutes, sowohl des Blutplasmas als der Blutkörperchen, bekannt machen. Dazu ist es aber nöthig, dass wir erst eine Gruppe von Substanzen kennen lernen, welche wir mit dem Namen der Eiweisskörper oder der albuminoiden Substanzen belegen.

Die Eiweisskörper.

Die Eiweisskörper werden auch histogenetische Substanzen genannt, weil sie das Material für die Bildung der meisten thierischen Gewebe sind. Sie sind vielfältig auch Proteinkörper oder Proteinverbindungen genannt worden. Vor etwa dreissig Jahren führte Mulder eine ausgedehnte Untersuchung über diese Substanzen, die sowohl im Thierreiche als auch im Pflanzenreiche vorkommen, aus und glaubte den Grundstoff gefunden zu haben, aus welchem sie sich alle zusammensetzen, die organische Verbindung, welche gewissermassen die chemische Grundlage für alle diese Substanzen bildet. Er löste die Körper in Kalilauge auf, und fällte mit Essigsäure. Er erhielt nun aus allen Eiweisskörpern, die er anwendete, eine Substanz von derselben oder nahezu derselben procentischen Zusammensetzung, einen aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff bestehenden Körper, welchen er nach seinen damaligen chemischen Untersuchungen für schwefelfrei hielt. Diesen Körper nannte er Protein, von πρωτεύω, ich bin der Erste, und erklärte alle Eiweisskörper für Verbindungen dieses Proteins mit Sauerstoff, mit Schwefel und mit Phosphor. Seine Untersuchungen wurden im Liebig'schen Laboratorium von Laskowsky wiederholt. Dieser fand aber das Mulder'sche Protein nicht schwefelfrei. Mulder wendete dagegen ein, dass Laskowsky seine Versuche nicht so nachgemacht habe, wie er sie angestellt. Mulder hatte die Eiweisskörper bei gewöhnlicher Temperatur und sehr langsam in Kali aufgelöst, während sie Laskowsky rasch und in der Wärme aufgelöst hatte. Bei diesem letzteren Verfahren war der Schwefel nur unvollständig oxydirt worden; er war deshalb beim Fällen mit Essigsäure theilweise in Substanz herausgefallen und hatte sich dem Niederschlage beigemengt. Hierin hatte Mulder vollkommen recht. Nichtsdestoweniger war sein Protein schwefelhältig und zwar enthielt es nicht unbeträchtliche Mengen von Schwefel, wie später Fleitmann nachwies, indem er es mit Salpeter und Kali schmolz und den Schwefel als schwefelsauren Baryt bestimmte.

Hiemit war ein Grundpfeiler der sogenannten Proteintheorie gestürzt und auch die weiteren Untersuchungen haben gelehrt, dass man die Sache nicht so einfach auffassen kann, wie sie Mulder ursprünglich aufgefasst hat. Nichtsdestoweniger bleibt jenen Untersuchungen das grosse Verdienst, diese ganze Gruppe von Verbindungen zusammengefasst, ihre Verbreitung gezeigt und ihre gemeinsamen Reactionen studirt zu haben.

Die Eiweisskörper gehören zunächst zusammen durch ihre Zusammensetzung. Sie enthalten in Procenten nach der von Hoppe-Seyler gegebenen Uebersicht:

Kohlenstoff	52,7—54,5	pCt.
Wasserstoff	6,9— 7,3	„
Stickstoff	15,4—16,5	„
Sauerstoff	20,9—23,5	„
Schwefel	0,8— 2,0	„

Manche Untersuchungen haben freilich Werthe ergeben, die weit ausserhalb dieser Grenzen liegen, so ist als Stickstoffmaximum 17,7, als Minimum 13,84 gefunden: aber diese Abweichungen müssen mit grosser Vorsicht beurtheilt werden, weil bei ein und demselben Eiweisskörper

nicht unbedeutend verschiedene Stickstoffzahlen gefunden worden sind z. B. für Blutalbumin 15,79 und 14,25. Es wird dadurch wahrscheinlich, dass zu den Stickstoffbestimmungen nicht immer reine Substanzen gedient haben.

Sie haben ferner alle mit einander gemein, dass sie, im geronnenen Zustande in Alkalien aufgelöst, und im gelösten Zustande mit Alkalien längere Zeit in Berührung gelassen, aus diesen alkalischen Lösungen durch Essigsäure oder andere verdünnte Säuren ausgefällt werden, und dann eben alle ein ähnliches Product geben, dieses sogenannte Mulder'sche Protein.

Sie haben weiter mit einander gemein, dass sie sich mit Salpetersäure gekocht gelb färben. Den gelben Körper, der sich hier bildet, belegte Mulder mit dem Namen der Xanthoproteinsäure. Wenn noch ein Alkali im Ueberschuss zugesetzt wird, vertieft sich die Farbe ins intensiv Goldgelbe. Da weder die Cellulose, noch die leimgebenden Substanzen diese Reaction zeigen, so benützt man sie, um Eiweisskörper unter dem Mikroskope aufzusuchen. Die gelbe Färbung ist so intensiv, dass sie auch noch in sehr dünnen Schichten unter dem Mikroskope zu erkennen ist.

Sie haben ferner alle mit einander gemein, dass sie durch die sogenannte Millon'sche Flüssigkeit beim Kochen rothbraun bis purpurfarben gefärbt werden. Die Millon'sche Flüssigkeit erhält man durch Auflösen von Quecksilber im gleichen Gewichte starker Salpetersäure, erst in der Kälte, dann bei mässigem Erwärmen. Wenn das Metall gelöst ist, verdünnt man mit dem zweifachen Volum Wasser. Sie ist nach Millon ein Gemenge von salpetersaurem Quecksilberoxydul und salpetrichtsaurem Quecksilberoxyd. Auch diese Reaction kann man benutzen, um unter dem Mikroskope und in den Geweben als solchen Eiweisskörper nachzuweisen.

Wenn man Eiweisskörper in Salzsäure löst, entweder indem man concentrirte Salzsäure darüber giesst, und sie damit stehen lässt, oder, wenn man rascher zu Ende kommen will, indem man vorsichtig erwärmt, bekommt man eine violette Lösung.

Die Eiweisskörper haben ferner die Eigenschaft, sich mit Kupferoxydsalzen und Alkalien violett zu färben. Man kann dazu sowohl die Alkalien als solche, als auch die alkalischen Erden, Kalkwasser oder Barytwasser verwenden. Wenn man eine Flocke von Fibrin mit einer sehr verdünnten Lösung von schwefelsaurem Kupferoxyd schüttelt, so nimmt das Fibrin aus dieser Lösung das Kupfersalz auf, so dass sie sich entfärbt, wenn sie hinreichend verdünnt war, und hinreichend viel Fibrin genommen wurde. Das Fibrin nimmt eine grünliche Färbung an, während die Flüssigkeit klar und wasserhell darüber steht. Fügt man nun etwas Kali oder Natron, Kalk- oder Barytwasser hinzu und schüttelt, so nimmt das Fibrin eine violette Färbung an.

Wenn man Eiweisskörper in Wasser aufschwemmt oder in Wasser auflöst, eine geringe Menge einer Zuckerlösung und dann vorsichtig unter stetem Umschütteln concentrirte Schwefelsäure zusetzt, so bekommt man eine schöne rothe Färbung der Flüssigkeit.

Endlich werden alle Eiweisskörper aus ihren sauren Lösungen durch vorsichtigen Zusatz von Blutlaugensalz gefällt, ich sage durch vorsichtigen Zusatz, weil in einem Ueberschusse der Niederschlag wieder löslich ist. Diese Reaction hat man, freilich nicht übereinstimmend, als Grenzstein

aufgestellt zwischen den Eiweisskörpern und gewissen Abkömmlingen der Eiweisskörper, die wir später kennen lernen werden, Abkömmlingen, welche sich bei der Verdauung bilden und den Namen der Peptone führen. Diese zeigen im Uebrigen noch manche Reactionen, die den Eiweisskörpern zukommen; so färben sie sich mit Kupferoxydsalzen und Alkalien violett, und geben mit Salpetersäure und Alkalien die sogenannte Xanthoproteinsäure-Reaction. Eine zweite den Peptonen nicht zukommende Eigenschaft der Eiweisskörper ist die, dass sie aus ihren sauren Lösungen gefällt werden, wenn man grössere Mengen von Salzen, von Kochsalz, Chlorkalium, von schwefelsaurem Natron, von schwefelsaurem Kali u. s. w., kurz von sogenannten Neutralsalzen in die Flüssigkeit bringt.

Die neutralen Lösungen der Eiweisskörper werden gefällt durch die Salze der schweren Metalle und durch die Chloride derselben, durch Jod, durch Chlor und durch die meisten Mineralsäuren, am stärksten durch die Salpetersäure. Auch Alkohol fällt sie: bei Gegenwart von Alkalien sind indessen die Eiweisskörper theilweise in Alkohol löslich.

Das Albumin.

Ihren Namen haben die Eiweisskörper von einer Substanz, welche sich im Weissen der Vogeleier befindet, und welche in einer Temperatur zwischen 70 und 80° gerinnt. Auf der Gerinnung dieser Substanz, des Eiweisses oder Albumins, beruht das Hartkochen der Eier. Dieses Albumin der Eier hat alle die Eigenschaften, die wir an den Eiweisskörpern im Allgemeinen kennen gelernt haben und ausserdem die Eigenschaft, in der Hitze zu coaguliren. Wenn es durch diese Coagulation vollständig ausgefällt werden soll, muss es vorher schwach angesäuert sein, so dass dadurch blaues Lakmuspapier violett bis purpurroth gefärbt wird. Dies ist der schwächste Grad des Ansäuerns, welchen man braucht, es kann auch ein wenig stärker angesäuert werden, wenn man aber zu stark angesäuert hat, tritt wieder die unvollkommene Coagulation ein, oder das Coagulum ballt sich doch nicht gut in Flocken zusammen, und die Flüssigkeit geht beim Abfiltriren schwer durchs Filtrum. Die Eigenschaft des Eieralbumins, bei einer Temperatur von 70° oder darüber aus seinen Lösungen ausgeschieden zu werden, ist charakteristisch für das Eiweiss, welches wir als natives bezeichnen wollen, und unterscheidet es von anderen Eiweisskörpern. Die Temperatur bei der es gerinnt, ist aber nicht immer dieselbe und kann durch Gegenwart von viel Salzen bis auf 50° herabgedrückt werden.

Das native Eiweiss wird durch dreibasische Phosphorsäure und durch verdünnte Pflanzensäuren nicht aus seinen Lösungen gefällt, oder wenn dies geschieht, so löst sich der Niederschlag auf Zusatz von Kochsalzlösung wieder auf, vorausgesetzt, dass man in der Flüssigkeit nicht so viel Säure und so viel Salz anhäuft, dass sich die allgemeine Eigenschaft der Eiweisskörper geltend macht, vermöge welcher sie durch Gegenwart grosser Salzmengen aus ihren sauren Lösungen ausgefällt werden.

Natives Eiweiss ist nun auch im Blutserum in grosser Menge enthalten. Um uns davon zu überzeugen, säuern wir das Blutserum mit einem Tropfen irgend einer Säure an und untersuchen, ob es soweit sauer reagirt, dass es ein blaues Lakmuspapier violett färbt, wir erhitzen es,

und es coagulirt wie das Weisse vom Hühnerei. Indess muss ich bemerken, dass zwar das Serumalbumin und das Eieralbumin einander sehr ähnlich sind, dass sie aber doch gewisse charakteristische Unterschiede zeigen. So ist z. B. das Albumin aus dem Serum in concentrirter Salzsäure viel leichter löslich als das Albumin aus dem Hühnerei, und zweitens, wenn man zum Albumin aus dem Hühnerei Salpetersäure zusetzt, so dass zuerst ein Niederschlag entsteht, so löst sich dieser bei weiterem Zusatze von Salpetersäure viel schwerer auf als der gleiche Niederschlag aus Serumalbumin. Worauf diese Unterschiede beruhen, ist bis jetzt unbekannt.

Wenn man das native Eiweiss, Eieralbumin oder Serumalbumin oder ein anderes natives Eiweiss, in seinen Lösungen erkennen will, so säuert man die Flüssigkeit in der früher erwähnten Weise schwach an und erhitzt, um es zu coaguliren. Gibt diese Probe ein negatives Resultat, so säuert man nach dem Vorgange von Hoppe-Seyler eine zweite stärker mit Essigsäure an, mischt sie mit dem gleichen Volum einer concentrirten Lösung von schwefelsaurem Natron und erhitzt zum Kochen. Diese Probe ist sehr empfindlich und bringt die kleinsten Mengen Eiweiss zur Ausscheidung. Ich werde erst später erklären, weshalb ich empfehle, die Probe zuerst in der vorerwähnten Weise anzustellen. Auch durch Salpetersäure, durch Ansäuern und Fällen mit Blutlaugensalz u. s. w. kann man sehr kleine Mengen von Eiweiss nachweisen, aber man weist dann Eiweisskörper im Allgemeinen nach, man weist nicht im Speciellen unser natives Eiweiss nach, weil dies eben Reactionen sind, die allen Eiweisskörpern gemeinsam zukommen. Will man das native Eiweiss quantitativ bestimmen, so säuert man die Flüssigkeit mit Essigsäure schwach an, und erwärmt unter öfterer Prüfung der Reaction, die nicht wieder alkalisch werden darf, auf nahezu 100°, damit sich das Eiweiss sicher vollständig ausscheidet, vermeidet aber die Flüssigkeit zu kochen oder doch, sie längere Zeit im Kochen zu erhalten. Man sammelt den Niederschlag auf einem gewogenen Filtrum, wäscht ihn mit destillirtem Wasser aus, extrahirt mit Alkohol und dann mit Aether, trocknet und wägt.

Wenn man Eiweiss, so wie es aus dem Hühnerei kommt, mit einer concentrirten Aetzkalilösung versetzt und es mit dieser innig mengt, ändert es sich in seiner Consistenz, es wird anfangs schwer flüssig, fängt dann an Fäden zu ziehen und klumpig aus einem Glase in das andere hineinzufallen, endlich wird es gelatinös und nach einiger Zeit hat es sich so weit verdickt, dass man das Glas umkehren kann, ohne dass das Eiweiss herausfliesst. Das beruht auf einer Verbindung des Eiweisses mit dem Kali, welche zuerst von Lieberkühn dargestellt worden ist, und welche man deshalb mit dem Namen des Lieberkühn'schen Kalialbuminates bezeichnet. Wenn man diese Gallerte, nachdem sie gehörig fest geworden ist, in Stücke schneidet und dann in Wasser vertheilt, so findet man, dass sie sich darin verhältnissmässig sehr langsam löst. Wenn man aber ausgekochtes Wasser anwendet und dasselbe immer wieder erneut und den Zutritt der atmosphärischen Luft abhält, so löst sich doch zuletzt die ganze Gallerte auf. Wenn aber das Wasser kohlensäurehaltig ist, oder wenn man es an der Luft stehen lässt, so dass es aus derselben Kohlensäure aufnimmt, zersetzt sich diese Verbindung des Kali mit dem Eiweiss, und es scheidet sich ein unlöslicher Eiweisskörper aus. Diesen unlöslichen Eiweisskörper kann man schneller und ohne Verlust erhalten,

wenn man von vorne herein dem Wasser eine sehr geringe Menge von Essigsäure zusetzt. Dann zersetzt diese nach und nach die Verbindung. Dieses aus dem festen Kalialbuminate abgeschiedene Eiweiss hat dann eine eigenthümliche Beschaffenheit, es ist fest, elastisch und hat eine gewisse Aehnlichkeit sowohl äusserlich als in seinen Reactionen mit dem Fibrin. Es hat deshalb den Namen des Pseudofibrin erhalten. — Lieberkühn hat das Kalialbuminat benützt, um die Zusammensetzung des Eiweisses genauer als bisher zu ermitteln. Er fand das neutrale Kalialbuminat zusammengesetzt aus

$$C_{72}\ H_{112}\ N_{18}\ O_{23}\ S_1\ K_2$$

und analog auch die übrigen Albuminate, welche er darstellte. Zweifelhaft muss es sein, ob der für den Schwefel gefundene Werth dem wirklichen Schwefelgehalte des Eiweisses entsprach. Wenn man das Kalialbuminat bereitet, so sieht man, dass sich das Eiweiss beim Zusatz von Kali gelb färbt, und wenn man darauf mit verdünnter Essigsäure oder mit irgend einer andern verdünnten Säure zersetzt, so zeigt sich der Geruch nach Schwefelwasserstoff. Es zeigt sich also, dass hier Schwefelkalium gebildet wird. Ich muss übrigens hinzufügen, dass in früheren Analysen noch weniger Schwefel gefunden wurde, als Lieberkühn fand.

Früher glaubte man, dass auch Phosphor ein wesentlicher Bestandtheil des Eiweisses sei. Lieberkühn hat aber nachgewiesen, dass er es nicht ist. Lieberkühn fällte das Eiweiss durch Eisessig und fand das so erhaltene Coagulum phosphorfrei. Es waren also offenbar bei den früheren Versuchen phosphorsaure Salze mit in das Object der Analyse übergegangen, die sich hier, wo Eisessig zum Coaguliren angewendet wurde, mit auswuschen.

Das durch Alkalien veränderte Eiweiss.

Wenn man das Lieberkühn'sche Kalialbuminat zersetzt, bekommt man, wie erwähnt, eine Substanz, welche eine gewisse äusserliche Aehnlichkeit mit dem Fibrin hat, und welche deshalb den Namen Pseudofibrin führt. Sie hat mit dem Fibrin gemein, dass sie in Essigsäure aufquillt, nur erfolgt das Aufquellen bei den compacten Stücken, welche sie bildet, nicht so schnell, wie bei dem Fibrin, das in fein vertheilten Flocken und Fäden erhalten wird. Das Pseudofibrin quillt ferner, wie das Fibrin, in Wasser auf, dem man so viel Salzsäure zugesetzt hat, dass in einem Liter 1 Gramm ClH enthalten ist. Fügt man etwas mehr Salzsäure hinzu, so findet das Aufquellen noch rascher statt, erreicht aber keinen so hohen Grad, und wenn man eine gewisse Grenze überschreitet, so verschrumpft das gequollene Pseudofibrin wieder, wird weiss und undurchsichtig. Dies ist Alles wie beim Fibrin. In verdünnten Alkalien werden das Fibrin und das Pseudofibrin durchsichtig und lösen sich allmälig und langsam auf. Kurz, in allen diesen Punkten verhalten sich Fibrin und Pseudofibrin ganz ähnlich. Nichtsdestoweniger sind sie ihrem Wesen nach durchaus verschieden. Wenn man Fibrin mittelst Verdauungsflüssigkeit auflöst und die Säure, welche man bei der Verdauung gebraucht hat, so weit wieder abstumpft, dass ein hineingetauchtes blaues Lakmuspapier sich nur violett, nicht roth, färbt, dann entsteht ein Niederschlag; von diesem filtrirt man ab und erhitzt das Filtrat. Bei 70° trübt es

sich und setzt reichliche Flocken von Eiweiss ab. Es war also in der Lösung natives Eiweiss enthalten. Wenn man dagegen Pseudofibrin in derselben Weise durch eine künstliche Verdauungsflüssigkeit löst und nun die Säure wieder abstumpft, so entsteht auch ein Niederschlag, aber die davon abfiltrirte Flüssigkeit gerinnt nicht beim Erhitzen. Die Flüssigkeit enthält also kein natives Eiweiss mehr. Das ganze Eiweiss ist beim Abstumpfen der Säure ausgefällt worden.

Löst man etwas von dem frisch bereiteten Lieberkühn'schen Kalialbuminat in Wasser auf, und fügt tropfenweise Essigsäure hinzu, so entsteht bei beginnender saurer Reaction ein Niederschlag, wenn man aber dann mehr Essigsäure zusetzt, so verschwindet er wieder. Stumpft man die Säure ab, so entsteht er von Neuem. Dasselbe geschieht, wenn man statt der Essigsäure eine andere verdünnte Pflanzensäure oder dreibasische Phosphorsäure anwendet. Die vom vollständig ausgefällten Niederschlage abfiltrirten Flüssigkeiten geben beim Kochen kein Gerinnsel und ebenso wenig die sauren und alkalischen Lösungen. Die Eigenschaften des Eiweisses sind also im Kalialbuminat wesentlich andere geworden. Es gerinnt nicht mehr beim Erhitzen, wie es das native Eiweiss thut, aber während das native Eiweiss durch die verdünnten Pflanzensäuren, und durch die dreibasische Phosphorsäure nicht gefällt wird, so fällt aus der Lösung des Kalialbuminats der Eiweisskörper heraus, sobald man so viel Säure hinzusetzt, dass die ganze Menge des Alkali gebunden wird. Der Eiweisskörper ist jetzt nur noch durch das Alkali gelöst: so wie ihm dasselbe entzogen wird, fällt er heraus. Der Niederschlag ist chemisch identisch mit dem Pseudofibrin. Er ist sehr fein vertheiltes Pseudofibrin. Daraus erklärt sich sein Wiederverschwinden beim Zusatz von mehr Säure. Wie jedes Stück Pseudofibrin zum glashellen Klumpen aufquillt, so quillt hier jedes einzelne Theilchen auf, und dadurch verschwindet der Niederschlag. Fügt man dann concentrirte Lösungen von Kochsalz oder Glaubersalz hinzu, so erscheint er wieder, wie Fibrin und Pseudofibrin, die in Säuren gequellt sind, wieder verschrumpfen, wenn man sie in Salzlösungen hineinwirft. Hiermit hängt es zusammen, dass Niederschläge, die in Alkalialbuminatlösungen von grossem Salzgehalte durch Säuren hervorgebracht sind, sich im Ueberschuss der Säure schwer oder gar nicht auflösen.

Dieses Eiweiss, das man im Gegensatze zum nativen als fällbares bezeichnet, entsteht nun aus dem nativen Eiweiss überall da, wo letzteres der Einwirkung von Kali, von Natron, von Aetzkalk, von Baryt ausgesetzt ist. Die Einwirkung geht um so rascher vor sich, je mehr Alkali vorhanden ist, und je höher die Temperatur ist. Sie kann rasch vor sich gehen bei gewöhnlicher Temperatur, wenn viel Alkali vorhanden ist, wie dies z. B. bei der Bildung des Lieberkühn'schen Kalialbuminates der Fall ist, sie kann aber auch relativ rasch vor sich gehen bei Gegenwart von wenig Alkali, wenn ich die Temperatur erhöhe. Das ist der Grund, weshalb man, wenn man natives Eiweiss aufsuchen will, vorher die Flüssigkeit sorgfältig neutralisiren oder vielmehr schwach ansäuern muss. Denn, wenn die Flüssigkeit alkalisch ist, und man erwärmt, so wirkt während des Erwärmens und noch ehe die Temperatur von 70^0 erreicht ist, das freie Alkali und auch das kohlensaure Alkali auf das native Eiweiss ein, wandelt es in fällbares Eiweiss um, und nun gerinnt es nicht mehr beim Erhitzen. Man kann es nachher allerdings

wiederum fällen, wenn man ansäuert, dann kann man aber nicht mehr unterscheiden, ob dieses Eiweiss von Hause aus in der Flüssigkeit als natives Eiweiss oder als fällbares Eiweiss enthalten war. Deswegen ist es auch nicht anzurathen, beim Aufsuchen von Eiweiss so zu Werke zu gehen, dass man, wie es vielfach vorgeschrieben ist, erst zum Sieden erhitzt, und nachher tropfenweise Essigsäure hinzufügt, und sieht ob ein Niederschlag entsteht. Es ist besser, vorher anzusäuern und dann zu kochen, weil man dann Aufschluss darüber bekommt, ob natives, beziehungsweise ob fällbares Eiweiss in der Flüssigkeit enthalten war, während das andere Verfahren nur Aufschluss darüber gibt, ob überhaupt Eiweiss, fällbares oder natives, vorhanden war.

Das fällbare Eiweiss kommt als solches im Blute nicht, oder doch nicht in irgend wie beträchtlicher Menge vor. Obgleich das Blut alkalisch reagirt, so ist doch die Wirkung des Alkali nicht stark genug, um das native Eiweiss in fällbares umzuwandeln. Dagegen verhält sich das Casein, der Käsestoff der Milch, in seinen Reactionen ganz wie das fällbare Eiweiss, und man ist deshalb auch eine Zeit lang der Meinung gewesen, dass dasselbe nichts anderes sei als ein Natronalbuminat. In neuerer Zeit sind indess Unterschiede zwischen Casein und Natronalbuminat gefunden worden, von denen wir später sprechen werden, wenn wir von der Milch handeln.

Das durch Säuren veränderte Albumin.

Wir haben gesehen, dass alle Eiweisskörper aus ihren sauren Auflösungen durch reichlichen Zusatz von Salzen gefällt werden. Wenn man z. B. eine Eiweisslösung mit Essigsäure ansäuert und eine concentrirte Kochsalz- oder Glaubersalzlösung hinzusetzt, so erhält man einen Niederschlag. Dieser Niederschlag ist das, was Panum mit dem Namen des Acidalbumins bezeichnet hat. Wie derselbe beschaffen ist, das hängt davon ab, wie lange und wie heftig die Säure auf das Eiweiss eingewirkt hat. War die Säure verdünnt und hat sie nicht lange eingewirkt, so hat dieses Acidalbumin noch immer die Eigenschaften des nativen Eiweisses. Wenn man es auf dem Filtrum sammelt und dann in Wasser auflöst, so wird es beim vorsichtigen Neutralisiren nicht gefällt und die neutralisirte Lösung gerinnt beim Erhitzen noch in derselben Weise, wie die vom nativen Eiweiss. Wenn aber die Säure längere Zeit oder, indem sie concentrirter war, heftiger eingewirkt hat, so entsteht beim vorsichtigen Neutralisiren ein Niederschlag, der sich in überschüssigem Alkali wieder auflöst. Derselbe entsteht schon, ehe die Reaction vollkommen neutral geworden ist; schon wenn die Säure so weit abgestumpft ist, dass sie ein hineingetauchtes blaues Lakmuspapier nur noch schwach röthet. Wenn man eine Eiweisslösung stark ansäuert und sie lange genug mit der Säure stehen lässt, so wird sie zuletzt so in ihrem ganzen Maasse verändert, dass beim Abstumpfen der Säure alles Eiweiss herausfällt und die vom Niederschlage abfiltrirte Flüssigkeit beim Erhitzen nicht mehr getrübt wird. Wir haben also hier wiederum eine neue Art von fällbarem Eiweiss, die aber nicht durch Einwirkung von Alkali auf das Eiweiss, sondern durch Einwirkung von Säure auf das Eiweiss entstanden ist, und dieses durch Säuren veränderte Eiweiss nennt man Syntonin. Man belegte

mit diesem Namen zuerst einen Eiweisskörper, den man durch Maceration von Muskelfleisch in verdünnter Säure erhalten hatte. Er ist aber später auf das durch Säuren veränderte Albumin im Allgemeinen übertragen worden. Wenn man eine sehr concentrirte Lösung davon hat, so ist diese nur in der Wärme flüssig, in der Kälte gesteht sie ganz ähnlich wie Tischlerleim. Man kann sich eine solche Lösung verschaffen, indem man entweder Blutserum oder Hühnereiweiss längere Zeit mit Phosphorsäure in Berührung lässt. Da ändert die Phosphorsäure das Eiweiss in Syntonin um, man erwärmt vorsichtig, um diese Einwirkung zu beschleunigen, hütet sich aber dabei, frühzeitig zu stark zu erhitzen, weil, wenn das lösliche Eiweiss noch nicht in Syntonin umgewandelt ist, die Flüssigkeit dauernd coagulirt und das Albumin in den unlöslichen Zustand übergeht. Wenn man aber vorsichtig erwärmt, kann man zuletzt bis auf 100^0 erwärmen, ohne dass etwas gerinnt. Die Flüssigkeit ist durchsichtig, höchstens etwas opalisirend, sie ist vollkommen beweglich, wie eine wässerige Lösung, wenn man sie aber erkalten lässt, so gesteht sie zu einer Gallerte, so dass man das Glas hinterher umkehren kann, ohne dass etwas herausfliesst. Setzt man es wieder in ein warmes Wasserbad, so löst die Gallerte sich wieder auf u. s. w. Diese schmelzende Gallerte ist zuerst von Magendie dargestellt worden. Dann ist sie wieder in Vergessenheit gerathen, bis sie durch die Untersuchungen von Bence Jones in Erinnerung gebracht wurde. Er suchte in dem Harne eines Osteomalacischen nach Eiweiss. Er hatte mit Salpetersäure angesäuert, und fand, dass beim Kochen keine Gerinnung erfolgte, dass aber nachher beim Erkalten der ganze Harn im Probirglase zu einer Gallerte gestand. Es zeigte sich hinterher, dass dies ein solches durch Säuren verändertes Eiweiss war.

Paraglobulin, Vitellin und Myosin.

Wir haben also bis jetzt kennen gelernt natives Eiweiss, durch Alkalien verändertes Eiweiss, durch Säuren verändertes Eiweiss. Wir müssen aber jetzt näher eingehen auf die verschiedenen Erscheinungsweisen des nativen Eiweisses. Ich habe hier Blutserum, das vorsichtig mit ein wenig Essigsäure neutralisirt ist. Es ist weder alkalisch noch auffallend sauer, es färbt blaues Lakmuspapier violett. Nach dem Neutralisiren ist dieses Serum mit dem achtfachen seines Volumens Wasser verdünnt worden; dadurch hat es sich reichlich getrübt und jetzt nach längerem Stehen hat es einen reichlichen Bodensatz abgesetzt. Dieser Bodensatz besteht aus einem Eiweisskörper, den Panum zuerst auf die beschriebene Weise erhielt und mit dem Namen des Serumcaseins bezeichnete. Aus den Untersuchungen von Kühne und von Eichwald geht hervor, dass dieser Niederschlag in der Regel ein Gemenge aus zwei Eiweisskörpern ist, von denen der eine sich aus dem verdünnten Serum durch Kohlensäure ausfällen lässt, der andere nach vollständigem Ausfällen mit Kohlensäure auf Zusatz von wenig Essigsäure herausfällt. Diesen letzteren, der nach Eichwald die Eigenschaften des durch Säuren veränderten Eiweisses, des Syntonins, hat, nennen wir jetzt mit Kühne Serumcasein, den anderen, den durch blosses Einleiten von Kohlensäure gefällten, nennen wir Paraglobulin.

Man kann es auf dem Filtrum sammeln und mit destillirtem Wasser auswaschen, ohne dass es sich auflöst; dann nehme man es vom Filtrum herunter und schwemme es im Wasser auf. Nun versetze man Kochsalzlösung mit so viel Ammoniak, dass sie entschieden alkalisch reagirt, und setze hiervon unter stetem Umschütteln so lange hinzu, bis sich das Paraglobulin vollständig wieder löst. Die so gewonnene Flüssigkeit verhält sich nicht wie eine Lösung von fällbarem Eiweiss, sondern wie eine Lösung von nativem Eiweiss. Sie wird durch verdünnte Pflanzensäuren und durch dreibasische Phosphorsäure nicht gefällt, und beim Kochen gerinnt sie.

Es kann nun weiter die Frage entstehen, ob dieses Paraglobulin überhaupt wesentlich verschieden sei von dem nativen Eiweiss, welches nach seiner Ausscheidung im Serum zurückbleibt? Es könnte ja das ganze Serumeiweiss an und für sich nicht löslich sein und nur durch die Salze und Alkalien des Serums in Lösung erhalten werden. Wenn man einfach neutralisirt und dann mit dem achtfachen Volum Wasser verdünnt hat, dann vom Niederschlage abfiltrirt und das Filtrat weiter verdünnt, so scheidet sich kein Eiweiss mehr aus, oder wenn dies geschieht, so erreicht man doch durch weiteres Verdünnen bald eine Grenze, über welche hinaus weiterer Wasserzusatz keine neue Ausscheidung veranlasst, wenigstens nicht sofort, während noch grosse Mengen von Eiweiss in der Flüssigkeit gelöst sind. Daraus hat man den Schluss gezogen, dass das Serumeiweiss an und für sich löslich, und vom Paraglobulin verschieden sei. Man muss sich aber sagen, dass man ja die Salze durch die Verdünnung nicht wegbringt, dass immer noch auf eine gewisse Quantität Eiweiss eine gewisse Quantität von Salzen kommt, man mag verdünnen, wie man will; es muss also immer eine gewisse Quantität Eiweiss in Lösung bleiben, auch wenn dieses an sich unlöslich und nur vermittelst der Gegenwart von Salzen, Alkalien oder Säuren löslich ist. Indessen hat Alexander Schmidt bemerkt, dass nach seinen Versuchen die Menge der Salze, welche im Serum enthalten ist, bei weitem nicht ausreichen würde, das ganze Serumeiweiss in Auflösung zu erhalten, wenn es durchweg die Eigenschaften des Paraglobulins hätte. Als Beweis für die Existenz eines an und für sich löslichen Eiweisses, wird ferner das sogenannte Wurz'ische Eiweiss angeführt. Man erhält dasselbe, wenn man Eieralbumin mit basisch essigsaurem Blei fällt, bei Abschluss der Luft filtrirt und mit ausgekochtem Wasser auswäscht. Das ist deshalb nöthig, weil sonst die Kohlensäure der atmosphärischen Luft und des Wassers die Bleiverbindung zersetzen würde. Nachdem man ausgewaschen hat, leitet man in den mit Wasser zu Brei angerührten Niederschlag Kohlensäure, zersetzt ihn hiedurch, und nun filtrirt man. In dem Filtrat hat man eine wässerige Eiweisslösung, die noch bleihältig ist. Man fällt mit Schwefelwasserstoff. Das dabei gebildete Schwefelblei lässt sich aber nicht, oder nicht vollständig durch Filtration trennen. Um es wegzuschaffen hat man zwei Wege, erstens den, welchen Wurz eingeschlagen hat, und der darin besteht, vorsichtig zu erwärmen, so dass die Coagulation des löslichen Eiweisses beginnt; dann reissen die ersten Flocken das ganze Schwefelblei mit sich, und die übrige Flüssigkeit kann rein und klar abfiltrirt werden. Ein zweiter Weg besteht darin, dass man die Lösung mit einer nicht zu grossen Quantität von sorgfältig von Salzen befreieter Thier-

kohle schüttelt. Auch diese reisst das ganze Schwefelblei an sich, und, wenn man darauf filtrirt, bekommt man eine klare, wasserhelle Lösung. Diese gerinnt beim Kochen und zeigt alle Eigenschaften des nativen Eiweisses. Sie kann eingetrocknet und wieder in Wasser aufgelöst werden, sie hat immer noch dieselben Eigenschaften. Sie kann, wenn sie eingetrocknet ist, über 100° erhitzt werden, ohne ihre Eigenschaften zu verlieren, nur wenn sie im feuchten Zustande über 70° erhitzt wird, geht sie in geronnenes Eiweiss über. Da dies Wurz'sche Eiweiss schwach sauer reagirt, so nehmen Einige an, dass es noch Essigsäure enthalte, welche die Löslichkeit des Eiweisses vermitteln könnte. Dagegen wird angeführt, dass es sich nach dem Eintrocknen wieder auflöst, während Lieberkühn fand, dass Albumin, das mit Essigsäure angesäuert worden ist, beim Eintrocknen in den unlöslichen Zustand übergeht. Es ist dies eine allgemeine Eigenschaft der Eiweisskörper, und darauf beruhte schon die Anwendung des Essigs in der alten Temperamalerei: doch handelt es sich dabei wohl um grössere Mengen von Essigsäure, als sie im Wurz'ischen Eiweiss enthalten sein können.

Sehr merkwürdige Beiträge zu unserer Streitfrage haben Eichwald und später Aronstein geliefert. Eichwald fand, dass er allmälig alles Eiweiss in Gestalt von Syntonin aus dem Blutserum ausfällen konnte, wenn er es erst mit zehn Volum Wasser verdünnte, das Paraglobulin und Serumcasein ausfällte und durch das Filtrum trennte und dann das Filtrat mit 40 bis 50 Volum Wasser verdünnte, nachdem er es so weit angesäuert hatte, dass aus einer Probe beim Erhitzen sich alles Eiweiss vollständig abschied. Die Syntoninausscheidung dauerte 36 bis 48 Stunden. Eichwald sieht das Serumeiweiss deshalb als zwar verschieden vom Paraglobulin, aber doch auch als durch Salze gelöst an. Aronstein hinwieder gibt an, dass durch Dialyse, einen Process, den wir bald näher kennen lernen werden, salzfrei gemachtes Albumin vollkommen löslich sei, aber, so lange man ihm keine Salze wieder zugeführt, durch Kochen und durch Alkohol nicht zum Gerinnen gebracht werden könne. Die Richtigkeit seiner Angaben vorausgesetzt, würde in den gewöhnlichen Eiweisslösungen ein auch ohne Salze löslicher Eiweisskörper enthalten sein, der bei schwach saurer Reaction in sehr verdünnter Lösung in Syntonin übergeht, der aber zwei für uns wesentliche und charakteristische Eigenschaften, die Gerinnbarkeit in der Hitze und die Fällbarkeit durch Alkohol, nur zeigt bei gleichzeitiger Gegenwart von Salzen.

Wir kommen jetzt zu einer andern Frage, die wir mit grösserer Bestimmtheit entscheiden können, zu der Frage, ob denn das Eiweiss in seinen sogenannten Lösungen wirklich im gelösten Zustande, im chemisch-physikalischen Sinne des Wortes enthalten sei. Es ist unzweifelhaft, dass Gummilösungen, Eiweisslösungen u. s. w. sich wesentlich anders verhalten als Kochsalzlösungen, Zuckerlösungen und Lösungen von anderen krystallisirbaren Substanzen. Wenn ich eine Salzlösung eindunste, so krystallisirt ein Theil des Salzes heraus, die übrige Lösung behält dagegen vollständig ihre Flüssigkeit. Wenn ich dagegen eine Gummilösung eindunste, wird sie immer dicklicher und dicklicher, und nach und nach wird die ganze Masse, nachdem sie zähe geworden ist, hart. Als Graham seine ausgedehnten Untersuchungen über Diffusion anstellte, wurde er darauf geführt,

diesen Unterschied näher zu untersuchen, und es zeigte sich, dass diejenigen Körper, welche krystallisiren, in ihren Lösungen leicht diffusibel sind, dass dagegen diejenigen Substanzen, welche nicht krystallisiren, schwer diffusibel sind. Er theilte deshalb alle Substanzen in colloide Substanzen, das heisst solche, die sich ähnlich wie eine Leimlösung verhalten, und in krystalloide Substanzen. Die ersteren waren schwer, die letzteren waren leicht diffusibel, und er gründete darauf ein Verfahren, Substanzen auf dem Wege der Diffusion, oder, wie er es nannte, auf dem Wege der Dialyse von einander zu trennen, ein Verfahren, das manchmal da noch anwendbar ist, wo die chemischen Hülfsmittel ihren Dienst versagen. Denken Sie sich z. B., Sie hätten ein Gefäss ohne Boden, das unten mit einer Blase oder, wie man es jetzt gewöhnlich macht, mit einem Stücke Pergamentpapier verschlossen ist. In dieses Gefäss füllen Sie eine Lösung von einer colloiden Substanz und setzen das Ganze in ein grosses Gefäss mit Wasser. Dann werden die Salze, welche in der Lösung enthalten sind, durch das Pergamentpapier hindurchgehen und Wasser wird hineinwandern. Es wird auch etwas von der colloiden Substanz hindurchgehen, aber unverhältnissmässig wenig im Vergleiche zu den Salzen. Wenn wir also das umgebende Wasser oft wechseln, werden nach und nach alle Salze in dasselbe übergehen und man erhält, freilich nicht ohne Verlust, eine fast reine Lösung der colloiden Substanz.

Zu diesen colloiden Substanzen gehört auch das Eiweiss, und wir haben uns deshalb wohl zu fragen, ob es vielleicht deshalb unkrystallisirbar und schwer diffusibel sei, weil es gar nicht im wahren Sinne des Wortes gelöst, sondern nur in kleinen Partikeln im Wasser aufgeschwemmt enthalten ist.

Die Frage, ob das Eiweiss gelöst sei, muss verschieden beantwortet werden, je nachdem die Auflösung definirt wird. Gewöhnlich sagt man, ein Körper ist in einer Flüssigkeit gelöst, wenn die Wirkung der Schwere vollständig verschwindet gegenüber der Molekularanziehung, mit andern Worten, wenn der Körper keine Neigung hat, sich zu senken und abzusetzen, und wenn er keinen Auftrieb zeigt. Nach diesem Kriterium ist das Eiweiss vollständig gelöst. Ich habe lange Röhren mit gut gemischter und filtrirter Eiweisslösung in einen Keller hineingestellt, und habe sie nach längerer Zeit auf ihren Eiweissgehalt in der obersten und in der untersten Schichte untersucht und gefunden, dass beide ganz gleich zusammengesetzt waren: das Eiweiss hatte also durchaus keine Neigung gezeigt, sich abzusetzen.

Körper, die nur suspendirt sind, die nicht aufgelöst sind, erregen ferner keinen Diffusionsstrom, keine sogenannte Endosmose. Die sogenannten Erscheinungen der Endosmose, wie sie Dutrochet benannte, sind nichts anderes als Diffusionserscheinungen. Wenn ich ein Gefäss unten mit einem Stück Blase zubinde und in dasselbe Glaubersalzlösung hineinfülle und es dann in Wasser setze, so dass das innere und äussere Niveau ursprünglich gleich sind, so steigt das Niveau im Innern über das Niveau der äusseren Flüssigkeit, über das Niveau des Wassers. Es geht also Wasser von aussen in die Lösung hinein und andererseits, wenn ich das Wasser untersuche, finde ich in demselben Salz. Es findet also ein Austausch durch die Membran statt, wobei immer das Volum des eintretenden Wassers grösser ist als das Volum der austretenden Substanz, so dass das Niveau im Innern steigt. Es hängt dies damit

sammen, dass beim Austausch das Wasser einen grösseren Raum einnimmt als das Aequivalent von Zucker, welches gleichzeitig übergeht, andererseits damit, dass die Membran mehr Anziehung für das Wasser hat als für das Salz, das im Wasser gelöst ist. Darüber hat Ludwig sehr lehrreiche Versuche angestellt. Er hat eine Blase in Glaubersalzlösung gelegt, und gefunden, dass sie aus derselben eine Flüssigkeit absorbirt, die weniger concentrirt ist als die Salzlösung, welche man ihr angeboten hat, und wenn man sie hinterher auspresst, so wird eine Flüssigkeit ausgepresst, die concentrirter ist, als diejenige Flüssigkeit war, welche die Blase absorbirt hatte. Die bewegende Ursache für den Diffusionsstrom ist die wechselseitige Anziehung zwischen den Theilchen des Wassers und den Theilchen der im Wasser gelösten Substanz. Substanzen, die nicht gelöst sind, erregen keine Diffusionsströme, erregen keine Endosmose. Wenn man nun in dieser Beziehung das Eiweiss untersucht, so verhält es sich wieder ganz wie ein gelöster Körper, es erregt einen sehr kräftigen Diffusionsstrom, eine starke Endosmose. Es geht seinerseits sehr langsam durch die Membran hindurch, zieht aber grosse Mengen von Wasser an, so dass das Niveau fort und fort steigt. Wenn man aber sagt, ein Körper ist nur dann gelöst, wenn die in der Flüssigkeit vertheilten Moleküle desselben alle Eigenschaften eines festen Körpers verloren haben, dann ist das Eiweiss nicht gelöst; denn man kann nachweisen, dass das einzelne Eiweissmolekül, oder vielleicht sagen wir besser, das einzelne Eiweisspartikelchen, noch die Eigenschaften eines festen Körpers zeigt. Es hängt damit zunächst zusammen die Schwierigkeit, mit der sich das Eiweiss durch Membranen diffundirt. Colloide Substanzen diffundiren auch in offenen Gefässen, auch da, wo gar keine poröse Scheidewand vorhanden ist, langsamer als krystalloide, aber ausserdem finden die Eiweisstheilchen beim Durchgang durch Membranen offenbar ein Hinderniss in der Enge der Poren. Dieses Hinderniss kann so gross werden, dass anfangs gar kein Eiweiss hindurchgeht, sondern nur Salze. Wenn man ein Glasrohr mit der Schalenhaut eines Hühnereies zubindet, die Ligaturstelle sorgfältig mit Schellack firnisst und eine Eiweisslösung hineingiesst, so gehen an Wasser, das sich auf der andern Seite der Membran befindet, anfangs nur Salze über, gar kein Eiweiss. Erst nach vierundzwanzig Stunden oder später fängt auch das Eiweiss an, in geringer Menge durch die Schalenhaut hindurchzugehen. Wenn man durch thierische Membranen z. B. durch die Pleura eine Eiweisslösung langsam durchzupressen sucht, so geht eine Flüssigkeit durch, die ärmer ist an Eiweiss, als diejenige Flüssigkeit, die darüber stehen bleibt; das zeigt wiederum, dass die Eiweisstheilchen selbst, offenbar ihrer Grösse wegen, in den Poren der Membran ein Hinderniss finden. Damit hängt es auch zusammen, dass in den Nieren zwar die Salze und der Harnstoff, auch Zucker, welcher im Blut vorhanden ist, kurz die krystalloiden Substanzen hindurchgehen, dass dagegen wenigstens im normalen Zustande das Eiweiss nicht hindurchgeht, dass das Eiweiss nur durchgeht durch die Wandungen der harnbereitenden Organe, wenn entweder der Druck ein ungewöhnlich hoher ist, oder wenn diese Wandungen selbst degenerirt sind.

Es existirt noch eine andere Erscheinung, welche in recht auffälliger Weise zeigt, dass das einzelne Eiweissmolekül noch die Eigenschaften eines festen Körpers besitzt.

Wenn man eine vollständige Lösung schüttelt oder schlägt, oder Luft in sie hineinbläst, so kann man allerdings Blasen hervorbringen, aber diese Blasen zerstören sich in sehr kurzer Zeit wieder, und zwar dadurch, dass von der Kuppe der Blase fortwährend Flüssigkeitstheilchen herunterrollen, bis die Blase am Ende oben so dünn wird, dass nun die Spannung der Luft im Innern hinreichend ist, um sie zu zersprengen. Dann fällt sie zusammen. Wenn man dagegen in einer Seifenlösung Blasen hervorbringt, so zeigen diese eine grosse Widerstandsfähigkeit. Die in der Flüssigkeit befindlichen festen Theilchen mit der Anziehung, die sie zum Wasser haben, hindern einander beim Herabrollen von der Kuppe der Blase, wenn diese sich bis zu einem gewissen Grade verdünnt hat. Sie halten einander, wie die Steine eines Gewölbes. Darauf beruht die Schaumbildung auf Seifenlösungen, darauf die Möglichkeit Seifenblasen zu machen. Wie verhält sich eine Eiweisslösung? Sie verhält sich ähnlich einer Seifenlösung. Wenn man sie schüttelt, so entsteht ein Schaum, der nicht sofort vergeht, sondern längere Zeit stehen bleibt. Andral sagte schon vor mehr als dreissig Jahren, dass das, was ihn auf Albuminurie aufmerksam mache, der Schaum auf den Uringläsern sei. Bei eiweissfreiem Harn bleibt der Schaum nicht stehen, während er bei eiweisshältigem stehen bleibt. Etwas Eieralbumin oder Serumalbumin zu destillirtem Wasser gemischt, dem man einige Tropfen Kochsalzlösung zugesetzt hat, gibt eine klare beim Schütteln stark schäumende Flüssigkeit. Wir können deshalb nicht in Abrede stellen, dass auch in ganz klaren Lösungen die darin enthaltenen Eiweisstheilchen noch in einzelnen Erscheinungen die Eigenschaften fester Körper zeigen, während sie im Uebrigen wie die Moleküle eines gelösten Körpers wirken. Es liegt hierin kein Widerspruch. Man braucht nur anzunehmen, dass die Eiweisstheilchen auf die Flüssigkeit eine ähnlich starke Anziehung ausüben, wie die Moleküle gelöster krystalloider Substanzen, dass sie aber sehr viel grösser sind.

Wir haben kurz noch ein Paar anderer Eiweisskörper zu erwähnen, die sich dem Paraglobulin ähnlich verhalten, das Vitellin, welches im Eidotter enthalten ist, und einen von Kühne zuerst dargestellten Körper, das Myosin. Das Myosin erhielt Kühne, indem er Muskeln mit einer Kochsalzlösung verrieb, die er so bereitet hatte, dass er zu einer concentrirten Kochsalzlösung das doppelte Volum Wasser hinzusetzte. Er filtrirte darauf von dem Rückstande ab, und trug nun Steinsalz in Substanz ein. Das zog einen Theil des Wassers zu seiner Lösung an sich, und in Folge davon schied sich ein Eiweisskörper aus, welchen er auf dem Filtrum sammeln konnte, und welchen er mit dem Namen des Myosins belegte. Man kann bis jetzt nicht mit Sicherheit sagen, in wie weit das Myosin aus Eiweisskörpern stammt, die in den Muskeln noch gelöst waren, oder aus solchen, die in den Muskeln bereits geronnen waren und durch Kochsalz wieder aufgelöst wurden. Wir werden später finden, dass die Muskeln eine ganze Reihe von Eiweisskörpern enthalten, wovon ein Theil flüssig bleibt, ein Theil bei gewöhnlicher Temperatur und das übrige bei verschiedenen höheren Temperaturen gerinnt, und dass derjenige Eiweisskörper, welcher bei gewöhnlicher Temperatur gerinnt, ganz oder doch zum grössten Theil in Kochsalzlösung wieder auflöslich ist. Es mag hier auch noch das Crystallin erwähnt

werden, der Eiweisskörper, den man durch Verreiben der Krystalllinse mit Wasser und Filtriren erhielt, und den man für verschieden vom gewöhnlichen Eiweiss hielt. v. Vintschgau hat indessen gezeigt, dass die gefundenen Unterschiede höchst wahrscheinlich nicht in den Eigenschaften der Eiweisskörper als solcher, sondern in den anorganischen Bestandtheilen der Lösungen zu suchen sind.

Fibrin.

Wir haben jetzt die Eiweisskörper so weit kennen gelernt, dass wir zum Fibrin zurückkehren können, zu demjenigen Körper, der sich bei der Gerinnung des Blutes ausscheidet. Wir haben schon gesehen, dass das Fibrin in verdünnten Säuren aufquillt, gallertartig durchscheinend wird. Gewisse Säuren, wie die Essigsäure und die Phosphorsäure, lassen es auch im concentrirteren Zustande in dieser gallertartigen Beschaffenheit, andere Säuren aber, z. B. die Salzsäure, machen es wieder verschrumpfen, wenn sie in grösserer Menge zugesetzt werden; in noch höherem Grade ist dies der Fall mit der Schwefelsäure, und am allermeisten mit der Salpetersäure, welche das gequollene Fibrin schon verschrumpfen macht, wenn sie dem Wasser in verhältnissmässig sehr geringer Menge zugesetzt wird. Das Fibrin zersetzt im frischen Zustande Wasserstoffsuperoxyd. Es ist ein im hohen Grade veränderlicher Körper. Es hat, nachdem es eine Zeit lang ausgeschieden war, andere Eigenschaften als unmittelbar nach der Gerinnung. Die Gerinnung selbst kann man verzögern, beziehungsweise verhindern durch Zusatz von Salzen und auch durch Zusatz von Alkalien und Säuren, und, wie Denis zeigte, kann man eben frisch geronnenes Fibrin wieder mittelst einer Salpeterlösung auflösen, am leichtesten, wenn man derselben noch eine sehr geringe Menge von Ammoniak zugesetzt hat. Man erhält eine Flüssigkeit, die beim Kochen gerinnt, wie eine Eiweisslösung. Später aber, wenn das Fibrin bereits längere Zeit ausgeschieden war, und namentlich, wenn es dem Einflusse der atmosphärischen Luft ausgesetzt worden ist, gelingt es nicht mehr, dasselbe mittelst Salpeter wieder aufzulösen. Ein werthvolles Lösungsmittel ist neulich in E. Ludwig's Laboratorium von Mauthner im Neurin gefunden, einer organischen Base, die dem Thierkörper entstammt und von der wir später noch sprechen werden.

Wenn man das Fibrin untersucht, so findet man, dass es eine nicht unbeträchtliche Menge von anorganischen Bestandtheilen enthält. Zunächst enthält es eine wenn auch nur geringe Menge von Eisen. Liebig fand schon, dass das Fibrin, wenn man es faulen lässt, sich wieder auflöst, dass es dann eine Flüssigkeit gibt, die beim Kochen gerinnt, also natives Eiweiss enthält, andererseits aber auch getrübt oder gefällt wird, wenn man das im Fäulnissprocess gebildete Ammoniak mittelst einer Säure neutralisirt, also neben dem löslichen Eiweiss auch fällbares Eiweiss enthält, und dass in dieser Flüssigkeit schwärzliche Flocken von Schwefeleisen schwimmen. In viel grösserer Menge aber enthält es phosphorsaure Erden, phosphorsauren Kalk, und in geringerer Menge phosphorsaure Magnesia. Man kann ihm dieselben theilweise durch Säuren entziehen. Die phosphorsauren Salze lassen sich nicht durch Wasser auswaschen, auch nicht durch die grössten Mengen von Wasser; es sind also unlösliche, normale

phosphorsaure Salze. Es ist nicht wohl anzunehmen, dass diese unlöslichen Salze im lebenden Blute als solche enthalten seien. Das ist ein Punkt, mit dem man rechnen muss, wenn man über die Gerinnung irgend eine chemische Theorie aufstellen will. Es handelt sich nicht darum, dass hier lediglich ein Eiweisskörper ausgeschieden wird, sondern es wird einerseits ein Eiweisskörper ausgeschieden und andererseits normaler phosphorsaurer Kalk und normale phosphorsaure Magnesia, die als solche im Blute nicht enthalten waren. Man muss sich also denken, dass die Körper in anderer gegenseitiger Verbindung gewesen sind, dass Alkalien oder alkalische Erden in Verbindung gewesen sind mit den Eiweisskörpern und diese in Lösung erhalten haben, und andererseits wieder die Phosphorsäure nicht mit dem Kalk, sondern mit irgend einer andern Basis in Verbindung gewesen ist, mit der sie eine lösliche Verbindung bildete.

Das Fibrin selbst wird auf Kosten des nativen Eiweisses im Blute gebildet: denn fällbares Eiweiss ist im Plasma in sehr geringer Menge oder gar nicht enthalten. Wenn man die Fibrinausscheidung durch Salze verhindert, so findet man das ganze Eiweiss im Plasma als lösliches Eiweiss. Wenn man frisch gelassenes Pferdeblut in eine Kältemischung bringt und darin stehen lässt, so senken sich die Blutkörper, und man kann das Plasma flüssig abheben. Man theile nun eine Portion solchen Plasmas in zwei gleiche Theile. Den einen säure man mit Essigsäure an, in dem andern bestimme man Fibrin und Eiweiss. Nach vier Stunden neutralisire man den angesäuerten Theil bis zur schwach-sauren Reaction. Er scheidet dann kein Fibrin mehr aus; aber wenn man ihn mit Wasser verdünnt erhitzt, so scheidet er sein ganzes Eiweiss aus. Die Wage zeigt, dass die Masse dieses Eiweisses ebenso gross ist, wie die von Fibrin und Eiweiss aus dem andern Theile zusammengenommen. Daraus geht hervor, dass das lösliche Eiweiss des Blutplasmas das Material für die Bildung des Fibrins hergegeben hat.

Eichwald ist es gelungen, bei Abschluss der Luft mittelst concentrirter Kochsalzlösung aus dem Blutplasma einen Eiweisskörper abzuscheiden, der in äusserst schwacher Natronlösung gelöst beim Neutralisiren derselben gerann und eine Substanz gab, die sich nach den bisher von ihm angestellten Versuchen vom Fibrin nicht unterscheiden liess.

Ueber die nächsten Ursachen der Gerinnung sind vielfache Untersuchungen von Alexander Schmidt angestellt worden. Er machte die wichtige Entdeckung, dass eiweisshältige Flüssigkeiten, die an und für sich nicht geronnen, dann geronnen, wenn er ihnen eine kleine Quantität frischen Blutes zusetzte. Das Fibrin des Blutes kam dabei nicht in Betracht. Dasselbe konnte vorher defibrinirt sein. Transsudate, die die pathologische Anatomie geliefert hatte, Hydrokelenflüssigkeiten, die abgezapft waren, Liquor pericardii von Thieren, der an und für sich keine Neigung zum Gerinnen zeigte, alle diese Flüssigkeiten setzten nach kürzerer oder längerer Zeit Gerinnsel ab, wenn er ihnen eine kleine Quantität von Blut zugesetzt. Die Lymphe gerinnt an und für sich, aber sie gerinnt sehr langsam; Alexander Schmidt fand, dass, wenn er der Lymphe eine kleine Quantität Blut zusetzte, das Gerinnen verhältnissmässig sehr geschwind erfolgte. Es ist also klar, dass im Blute eine Substanz enthalten sei, welche das Gerinnen befördert, eventuell Flüssigkeiten gerinnen macht, welche an und für sich keine Neigung zum

Gerinnen zeigen; so, dass man die frühere Eintheilung der Transsudate in albuminöse und fibrinöse modificiren muss. Sie ist in der bisherigen Weise nicht mehr haltbar, weil Transsudate, die man sonst als albuminöse bezeichnet hatte, da sie kein Coagulum setzen, plötzlich gerinnen, wenn man eine kleine Menge defibrinirtes Blut hinzufügt. Als albuminöse Transsudate kann man also hinfort nur solche bezeichnen, die auch dann kein Coagulum geben. Die nächste Frage musste sein: Sind es im Blute die Blutkörperchen oder das Blutserum, welche die Gerinnung hervorrufen? Es zeigte sich, dass das ganze defibrinirte Blut viel besser wirkte als das Blutserum, dass aber das Blutserum auch gerinnenmachende Eigenschaften besitzt. Später fand er, dass man einen gerinnenmachenden Körper aus dem Blutserum darstellen kann, in dem die ganze gerinnenmachende Wirkung desselben concentrirt ist. Der Weg, den er dabei einschlug, war derselbe, den wir zur Darstellung des Paraglobulins eingeschlagen haben. Dieses Paraglobulin zu Transsudaten hinzugesetzt, hat in hohem Grade die Eigenschaft, sie zum Gerinnen zu bringen. Er wurde hiedurch darauf geführt, im Blute zwei Substanzen anzunehmen, wovon er die eine die fibrinogene, die andere die fibrinoplastische nannte, und durch Vereinigung dieser beiden entsteht nach ihm das Fibrin. Nach ihm scheidet Serum auch bei längerem Stehen kein Fibrin mehr aus, weil es zwar noch fibrinoplastische Substanz enthält, aber keine fibrinogene mehr. Wenn ein Transsudat nicht gerinnt, aber auf Zusatz von Blut gerinnt, so enthielt es zwar noch fibrinogene Substanz, aber es enthielt keine fibrinoplastische Substanz. Wenn man die fibrinoplastische Substanz, die in den Blutkörperchen und im Serum enthalten ist, in Gestalt von Blut oder Paraglobulin hinzusetzt, so tritt Gerinnung, Fibrinbildung ein. Er wurde in dieser Ansicht dadurch bestärkt, dass die Menge des gebildeten Fibrins in einem gewissen Verhältnisse stand zur Menge des Paraglobulins, welches er zugesetzt hatte, so lange er eben mit diesem Zusatze eine gewisse Grenze nicht überschritt. Es musste also eine gewisse Quantität fibrinoplastischer Substanz nöthig sein, um mit der ganzen Menge der fibrinogenen Fibrin zu bilden. Darüber hinaus aber war dann der weitere Zusatz von fibrinoplastischer Substanz unwirksam.

Es war aber schon bei seinen damaligen Versuchen aufgefallen, dass das Paraglobulin nicht immer gleich wirksam, und seine Wirksamkeit auffallend verschieden ist, je nach der Art, wie es bereitet wird. Wenn er das Serum wenig verdünnt hatte, so war das ausgefällte Paraglobulin, welches sich dann nur in verhältnissmässig geringer Menge ausschied, viel wirksamer, als wenn er das Serum gleich mit dem Achtfachen seines Volumens Wasser verdünnte, und nun das Paraglobulin massenhaft herausfiel. Wenn es das Paraglobulin als solches war, wovon die Gerinnung ausschliesslich abhing, so hätte dasselbe immer gleich wirksam sein müssen, gleichviel ob er einen Theil desselben, oder ob er die ganze Masse ausfällte. Es entstand schon damals der Verdacht, dass es nicht das Paraglobulin selbst sei, was die Gerinnung veranlasst, sondern ein anderer mit dem Paraglobulin gefällter Körper, der entweder von ihm mitgerissen oder mit ihm gleichzeitig gefällt wurde. Alexander Schmidt hat nun in der That diesen andern Körper gefunden, welchen er mit dem Namen des Fibrinferments bezeichnete. Er ist aber nach wie vor der Ansicht, dass doch das Paraglobulin insofern den Namen der fibrino-

plastischen Substanz verdiene, als sie mit seiner fibrinogenen Substanz zusammen das Fibrin bilde. Er gibt zu, dass fibrinogene und fibrinoplastische Substanz zusammen sein können, ohne dass Gerinnung erfolgt: es muss immer das sogenannte Fibrinferment dazu kommen um Gerinnung hervorzurufen. Von diesem soll aber nicht die Menge des Fibrins abhängig sein, die sich ausscheidet, sondern nur der Act der Ausscheidung, während die Menge, die sich ausscheidet, abhängig sein soll von der Menge der fibrinogenen und der Menge der fibrinoplastischen Substanz.

Das Fibrinferment stellt er dadurch dar, dass er Blutserum mit starkem Alkohol coagulirt und das Coagulum wenigstens 14 Tage lang unter Alkohol stehen lässt. Das hat den Zweck, die Eiweisskörper so vollständig als möglich in den unlöslichen Zustand überzuführen. Wenn nämlich Alkohol kürzere Zeit auf Eiweisskörper einwirkt, oder wenn schwächerer Alkohol angewendet wird, so werden zwar die Eiweisskörper ausgefällt, sind aber nachher in Wasser theilweise wieder löslich. Nur wenn man viel starken Alkohol längere Zeit auf Eiweisskörper einwirken lässt, gelingt es, sie im Wasser nahezu vollständig unlöslich zu machen. Nach 14 Tagen filtrirt er von dem Niederschlage ab, trocknet ihn über Schwefelsäure, und zerreibt ihn mit Wasser. Der wässerige Auszug enthält nach ihm das Fibrinferment. Das Fibrinferment soll im lebenden Blute nicht enthalten sein, es soll sich erst nach dem Tode im Blute bilden. Er gibt an, er habe auf obige Weise Blut behandelt, das unmittelbar aus dem lebenden Körper entnommen wurde, und solches, welches bereits freiwillig geronnen war. Aus dem ersteren habe er kein Fibrinferment erhalten, wohl aber aus dem letzteren.

In neuerer Zeit hat Alexander Schmidt seine Theorie von der Gerinnung theils noch erweitert, theils modificirt, indem er den farblosen Blutkörpern eine wesentliche Rolle bei der Gerinnung zutheilt, aber es sind darüber erst vorläufige Mittheilungen bekannt geworden. Man hat bis jetzt keinen vollständigen Einblick in den Gang der Untersuchungen. So viel steht fest: Es ist im Blute eine gerinnenmachende Substanz enthalten und zwar in grösserer Menge oder Wirksamkeit als in der Lymphe und als im Serum. Es kann aber auch eine solche, wahrscheinlich dieselbe, mit dem Paraglobulin aus dem Serum gefällt werden.

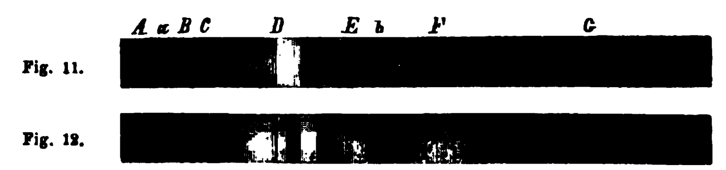
Haemoglobin.

Wenn man Blut mit atmosphärischer Luft schüttelt, oder wenn es aus den Lungen zurückkommt und in die Körperarterien fliesst, ist es bekanntlich hellroth. Wenn man es dann in dünne Schichten vertheilt, so sind diese dünnen Schichten auch noch roth, das Roth wird nur blässer und zieht mehr in das Gelbliche. Wenn man dagegen Blut venös werden lässt, so wird es dunkelroth und nun ist es in dünnen Schichten nicht mehr roth, sondern bouteillengrün. Das kann man auf folgende Weise zeigen. Man zieht eine weite Glasröhre an zwei Stellen dünn aus, und leitet eine irrespirable Gasart, Stickgas, Wasserstoff oder Kohlensäure hindurch. Man fängt das austretende Gas in Proben über Quecksilber auf, und wenn es keine atmosphärische Luft mehr beigemengt enthält, schmilzt man die Röhre an den ausgezogenen Stellen ab, jedoch so, dass an der einen Seite ein mässig langer dünner Schnabel stehen bleibt. An

diesem Schnabel macht man nicht weit vom freien Ende desselben einen Strich mit einem Diamant, schiebt ihn in das vorher freigelegte Blutgefäss, aus dem man das Blut nehmen will, und befestigt ihn mit einer Ligatur. Dann bricht man den Schnabel durch leichten Druck da, wo man ihn geritzt hat, ab, und nun tritt eine kleine Quantität Blut in die Röhre hinein. Es ist nämlich beim Zuschmelzen die Röhre theilweise erwärmt, und dadurch ein Theil der darin enthaltenen Luft ausgetrieben worden. Die Luft in der Röhre ist also von geringerer Spannung als die ausserhalb der Röhre. Man unterbindet das Blutgefäss am Ende des Schnabels und schneidet das mit diesem verbundene Stück aus. Wenn man nun die Röhre senkrecht stellt, so dass das Blut an den Wänden herunterläuft, so bemerkt man, dass es jetzt in dicken Schichten dunkelkirschroth, aber in dünnen Schichten nicht roth sondern grünlich ist. Bricht man dann den Schnabel und die Spitze am andern Ende der Röhre ab, und bläst Luft durch die Röhre, so dass das Blut wieder Sauerstoff absorbiren kann, so verschwindet die grüne Farbe wieder und macht der gewöhnlichen gelblichrothen des arteriellen Blutes Platz.

Also hier ist das Blut dunkelroth und dichroitisch geworden dadurch, dass man es mit einer irrespirablen Gasart in Berührung gebracht hat. Die Art der Gasart, ob es Kohlensäure, Wasserstoffgas, Stickgas ist, ist von untergeordneter Bedeutung: das Dunkelwerden erfolgt auch im luftleeren Raume. Das Dunkelrothwerden, das Kirschrothwerden, das Venöswerden des Blutes hängt also wesentlich nicht vom Gehalte des Blutes an Kohlensäure, sondern davon ab, dass dem Blute Sauerstoff entzogen worden ist. Untersucht man eine Blutlösung, die man mit Luft geschüttelt hat, mit dem Spectroskop, so zeigen sich zwei Absorptionsstreifen, die in Fig. 12 dargestellt sind. Lässt man aber eine solche Lösung längere Zeit im verschlossenen Gefässe stehen, so zeigt sie nur einen Absorptionsstreifen, der in Fig. 11 abgebildet ist, und der, wie man sieht, den Ort des hellen Zwischenraumes einnimmt, der zwischen den beiden in Fig. 12 abgebildeten Absorptionsstreifen lag. Diese Veränderung, so wie die Farbenveränderung des Blutes beruht darauf, dass in letzterem eine Substanz enthalten ist, welche Sauerstoff aufnimmt und denselben in einer lockeren Verbindung bindet. Diese Verbindung aber zerfällt allmälig wieder, indem der Sauerstoff in andere festere Combinationen eintritt und die Farbe kann nur durch Zufuhr von neuem Sauerstoffe wieder hergestellt werden. Dieser Zerfall tritt beim Stehen des Blutes im verschlossenen Gefässe ein. Es bildet sich später auch Schwefelwasserstoff, der reducirend wirkt, und man kann denselben Effect auch augenblicklich erzielen, wenn man der Blutlösung etwas Schwefelammonium hinzufügt. Mit dem freiwilligen Venöswerden des Blutes, dem kein Sauerstoff zugeführt wird, hängt es auch zusammen, dass wir unter dem Mikroskope meistens die Blutkörperchen nicht röthlich, sondern grün gefärbt sehen, indem unter dem Deckglase das Blut venös wird. Noch besser kann man dies hervorbringen, wenn man eine kleine mit Blut gefüllte Vene unter das Mikroskop bringt, einen Tropfen Glycerin darauf thut, und darüber das Deckglas legt; dann sieht man die verschiedenen Farben, welche das venöse Blut im durchfallenden Lichte zeigt: erstens die grüne Färbung, da wo die Blutkörperchen einzeln liegen, und dann die kirschrothe, da wo die Blutkörperchen mehr gehäuft sind. Die gefärbte Substanz nun, welche in den

Blutkörperchen enthalten einen so namhaften Theil ihrer Masse ausmacht, und den Farbenwechsel durch Aufnahme und Abgabe von Sauerstoff bedingt, ist das Haemoglobin oder Haemoglobulin. Es zeigt mit dem Spectralapparate untersucht die optischen Eigenschaften des Blutes selbst. — Fig. 12 zeigt also die Absorptionsstreifen des sauerstoffreichen Haemo-



globins, des sogenannten Oxyhaemoglobins und Fig. 11 den Absorptionsstreifen des reducirten Haemoglobins.

Man erhält das Haemoglobin dadurch, dass man es zum Krystallisiren bringt. Vor 30 und einigen Jahren fand Reichert im Uterus eines Meerschweinchens rothe Krystalle, welche von ihm und später von Schmidt in Dorpat näher untersucht wurden, und von denen es sich herausstellte, dass ihre Hauptmasse aus einer den Eiweisskörpern ähnlichen Substanz bestehe, was damals mit Recht das grösste Aufsehen erregte, weil den damaligen Chemikern die Vorstellung vollkommen fremd war, dass ein Eiweisskörper krystallisiren könne. Wie wir später sehen werden, war das, was hier krystallisirt war, auch kein Eiweisskörper, aber wohl eine noch höher zusammengesetzte Substanz, welche erst bei ihrer Zersetzung einen Eiweisskörper liefert, es war Haemoglobulin, das bei der Einwirkung von Säuren in Haematin und in einen Eiweisskörper das Globulin zerfällt. Später wurden von Funke und von Kunde diese Krystalle dargestellt, wobei es sich zeigte, dass sie aus dem einen Blute leichter, aus dem andern Blute schwerer zu erhalten sind, z. B. leichter aus Meerschweinchenblut als aus dem Blute anderer Säugethiere, aber im Allgemeinen dadurch, dass man einen Bluttropfen eintrocknen lässt, ihn, nachdem er eingetrocknet ist, mit wenig Wasser wieder aufweicht, und dann ein Deckglas darauflegt. Nun trocknet die Blutmasse am Rande ein, und schützt dadurch die innere Masse vor dem weiteren Verdunsten, vor dem gänzlichen Austrocknen. So krystallisirt die übrige Flüssigkeit, wenn man Meerschweinchenblut angewendet hat, tetraedrische oder oktaedrische Krystalle, die dem rhombischen Systeme angehören, in grosser Masse ausscheidend. Dem rhombischen Systeme scheinen auch die aus dem Blute anderer Thiere erhaltenen, in ihren Formen zum Theile sehr abweichenden Krystalle anzugehören, nur die aus Eichhörnchenblut fand V. v. Lang hexagonal. Rollet hat später gefunden, dass dieses Eintrocknenlassen und Aufweichen im Wasser wesentlich den Zweck hat, die Blutkörperchen zu zerstören. Damit man Krystalle erhält, ist es nothwendig, dass die Blutkörperchen ihr Haemoglobin fahren lassen, so dass es in das Blutplasma, in die umgebende Flüssigkeit übertritt, dann krystallisirt es unter günstigen Umständen. Er zeigte, dass man so auf verschiedenem Wege Blutkrystalle erhalten kann: erstens dadurch, dass man Blut frieren lässt und dadurch die Blutkörperchen zerstört, zweitens dadurch, dass man electrische Schläge durch das Blut leitet, endlich dadurch, dass man das Blut entgast. Durch Anwendung von Aether und Alkohol, und indem man bei

sehr niedriger Temperatur arbeitet, kann man die Krystalle auch im Grossen darstellen, und es ist auch gelungen, sie umzukrystallisiren. Sie sind nämlich in dem Plasma zwar relativ leicht löslich, aber sie sind in destillirtem Wasser von 0⁰ schwer löslich, und sind auch schwer löslich in kaltem schwachem Alkohol. Man kann sie aber leicht löslich machen durch einen kleinen Zusatz von kohlensaurem Ammoniak. Dieses sättigt man wieder durch eine titrirte Phosphorsäurelösung und fügt Alkohol bis zur Wiederausscheidung der Krystalle hinzu. Auf diese Weise hat man sie rein genug erhalten können, um eine Elementaranalyse anzustellen. Preyer stellt für das Haemoglobin die kolossale Formel

$$C_{600}\ H_{960}\ N_{154}\ O_{177}\ F_1\ S_3$$

auf. Nach Kühne enthält es indess wahrscheinlich keinen Schwefel. Kühne fand, dass es an Schwefel immer mehr verarmt, je mehr man es reinigt, und endlich hat er es durch Umkrystallisiren so weit reinigen können, dass er nach dem Verbrennen mit kohlensaurem Natron durch Fällen mit Chlorbaryum keinen schwefelsauren Baryt mehr erhielt, sondern nur noch durch Nitroprussidnatrium eine schwach violette Färbung, wenn er es mit Aetzkali geschmolzen hatte.

Das Haemoglobin ist überaus leicht zersetzbar. Es ist nur einigermassen haltbar im neutralen und im alkalischen Zustande, sobald Säuren hinzukommen, zersetzt es sich in Haematin und in einen Eiweisskörper, welcher sich verhält wie das Paraglobulin, und der den Namen Globulin führt. Der Name Globulin wurde von den Blutkörperchen (globulis) hergeleitet. Man kannte die Zersetzungsproducte Haematin und Globulin viel früher als das Haemoglobin oder Haemoglobulin selbst. Der Name Paraglobulin wurde erst viel später dem Panumschen Serumcasein wegen seiner Aehnlichkeit mit Globulin gegeben.

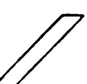
Das Haematin.

Das zweite Zersetzungsproduct, das unter der Einwirkung von Säuren entsteht, das Haematin, ist tief gefärbt. Man glaubte früher, dass es fertig gebildet im Blute enthalten sei. Das Haematin ist zuerst von Lecanu in ziemlich reinem Zustande dargestellt worden. Man zieht getrocknetes Blut oder Blutkörperchen, die man vorher von dem übrigen Blute, nach einer Methode, die wir später kennen lernen werden, getrennt hat, mit schwefelsäure- oder weinsäurehältigem Alkohol aus. Dadurch bekommt man eine braune Lösung. Zu dieser setzt man Ammoniak, dann färbt sie sich schön roth, während zugleich ein Niederschlag entsteht, von dem man abfiltrirt. Die ammoniakalische Lösung wird eingedunstet und dann nach einander mit Wasser, Alkohol und Aether ausgezogen. Das, was zurückbleibt, wird noch einmal in ammoniakalischem Alkohol aufgelöst, filtrirt und das Filtrat zum Trocknen abgedampft. Das amorphe schwarze Pulver, welches zurückbleibt, ist das Haematin von Lecanu. In Lösungen verändert es seine Farbe, je nachdem es in saurer oder alkalischer Lösung vorhanden ist. In sauren Lösungen ist es, wie wir schon gesehen haben, braunroth, in alkalischen Lösungen ist es in dünnen Schichten meistens grün und in dicken Schichten roth, also in ähnlicher Weise wie das venöse Haemoglobin dichroitisch. Eine saure alkoholische Lösung, die mit Aetzammoniak alkalisch gemacht worden ist,

ist nicht dichroitisch, aber sie wird es, wenn sie an der Luft Kohlensäure absorbirt. Haematinlösung mit kaustischem oder kohlensaurem Kali oder Natron alkalisch gemacht, ist immer dichroitisch. Auch Blut mit Kali oder Natron gekocht gibt dichroitische Flüssigkeiten. Es ist dies eine Eigenschaft des Blutfarbstoffs, welche eine forensische Bedeutung erlangt hat.

Noch grössere forensische Wichtigkeit hat eine Verbindung des Haematins erlangt, welche man mit dem Namen Haemin belegt. Vor einer Reihe von Jahren fand Teichmann, dass man zierliche nussbraune Krystalle von der in Fig. 13 dargestellten Form bekommt, wenn man zu Blutpulver eine Spur Kochsalz, dann Eisessig hinzufügt und erwärmt. Er nannte sie Haeminkrystalle. Man wusste lange nicht, woraus eigentlich diese Haeminkrystalle bestehen, man wusste nur, dass das Haematin ein nothwendiger Bestandtheil sei und die Hauptmasse derselben bilde. Man fand, dass sie bald nur mit Zusatz von Kochsalz in einiger Menge erhalten werden, dass sie aber aus manchem Blute auch ohne Zusatz von Kochsalz erhalten werden. Es stellte sich endlich durch die Untersuchungen von Hoppe-Seyler heraus, dass sie eine Chlorverbindung des Haematins sind. Haemin und Chlorhaematin sind also identische Bezeichnungen. Diese Verbindung ist deshalb von so grosser Wichtigkeit für die forensische Medicin, weil sie bei weitem das beste und sicherste Mittel an die Hand gibt, um auf chemischem Wege Blutflecken von irgend welchen andern Flecken zu unterscheiden. Wenn sich ein verdächtiger Fleck auf Kleidern, auf Wäsche befindet, so zieht man ein paar Fäden aus, an denen noch etwas von dem Blute sitzt, legt sie auf einen Objectträger, fügt ein ganz kleines Körnchen Kochsalz hinzu, und bedeckt mit einem Deckglase. Dann bringt man Eisessig, acidum aceticum glaciale, so lange hinzu, bis der ganze Raum zwischen Deckglas und Objectträger angefüllt ist, und erwärmt über der Spirituslampe bis der Eisessig siedet. Man geht hierbei am besten so zu Werke, dass man den Objectträger in eine hölzerne oder beinerne Zange fasst, und ihn stets nur kurze Zeit über der Flamme hält, dann zurückzieht, wieder über die Flamme bringt und so fort. Sobald Sieden eintritt, vollendet sich die Reaction. Man bringt nun das Ganze unter das Mikroskop und sieht, wenn Blut zugegen war, dann zahlreiche Krystalle, die bald grösser, bald kleiner ausgefallen sind, und deshalb bald nur eine schwächere, bald eine stärkere Vergrösserung verlangen. Wenn auf Holz, z. B. auf dem Stiele einer Axt, Blut eingetrocknet ist, so schneidet man mit einem Messer ein ganz dünnes Stückchen, auf dem sich eben das Blut befindet, herunter und verfährt damit so, wie man mit den ausgezogenen Fäden verfahren ist. Es ist dies Verfahren dem Abschaben des Blutes vorzuziehen, denn einerseits ist man weniger in Gefahr Material zu verlieren, andererseits schafft das Spänchen einen grösseren Raum zwischen Deckglas und Objectträger, der eine grössere Menge Eisessig aufnimmt und ihn ruhiger sieden lässt.

Fig. 13.



Ist aber Blut in Wäsche oder Kleidern, und sind schon Waschversuche gemacht worden, dann hat man an einzelnen ausgezogenen Fäden nicht mehr Blut genug, dann muss man das betreffende Stück ausschneiden, mit wenig Wasser auslaugen, und dieses Wasser unter der Luftpumpe oder

doch bei niederer Temperatur eintrocknen. Den Rückstand benutzt man, um noch damit die Haeminkrystalle darzustellen.

Wenn man vorher sein Sehfeld untersucht hat, wenn man weiss, dass nichts ähnliches schon auf dem Objectträger war, so ist die Darstellung der Teichmann'schen Krystalle der allersicherste und unwiderleglichste Beweis, dass man es wirklich mit Blut zu thun habe.

Es kommen aber Fälle vor, wo Blut in einiger Menge vorhanden sein kann, und doch die Darstellung der Teichmann'schen Krystalle nicht gelingt, so z. B. wenn Blut auf eisernen Mordwerkzeugen eingetrocknet ist und sich mit dem Roste des Eisens verbunden hat. Es findet sich dies nicht selten da, wo der Mörder das Mordwerkzeug von sich warf, und es dann der Feuchtigkeit der Luft und des Erdbodens ausgesetzt war. In solchen Fällen benützt man den Dichroismus des Blutfarbstoffes in einer von Heinrich Rose angegebenen Weise. Man schabt den mit Blut gemischten Eisenrost ab, übergiesst ihn in einer Eprouvette mit verdünnter Kalilauge und kocht ihn. Wenn Blut dabei war, nimmt die Kalilauge das Haematin auf, und bildet damit eine dichroitische Lösung, eine Lösung, die in dünnen Schichten grün, wie Galle aussieht, dagegen, wenn man durch dicke Schichten derselben nach einer Lichtquelle sieht, roth erscheint.

Als Formel des Haematins wird von Hoppe-Seyler

$$C_{34}\ H_{34}\ N_4\ O_5\ F$$

angegeben, doch hält er selbst diese Formel noch nicht für ganz sicher, weil es zweifelhaft ist, ob man das Haematin überhaupt schon in vollkommen reinem Zustande in Händen gehabt hat. Hoppe-Seyler und Kühne empfehlen, das Haematin aus dem krystallisirten Chlorhaematin darzustellen. Man kann dasselbe im Grossen auf verschiedenem Wege erhalten; zunächst dadurch, dass man möglichst frisch defibrinirtes Blut mit einer grossen Menge Kochsalzlösung versetzt, die man aus 1 Volum concentrirter Lösung und 10 Volumen Wasser bereitet hat. Die Blutkörperchen setzen sich zu Boden, und die Eiweisskörper bleiben in Lösung. Man giesst von den Blutkörperchen ab, um die grösste Menge der Eiweisskörper zu entfernen. Dann schüttelt man den breiigen Rückstand mit Aether, um die Fette und andere in Aether lösliche Substanzen zu entfernen. Die wässerige Lösung, die man behält, nachdem man den Aether abgehoben hat, dunstet man ein, und erwärmt dann langsam mit Eisessig. Es scheiden sich die Teichmann'schen Krystalle aus, und die ausgeschiedenen Krystalle rührt man mit Wasser an, um noch rückständige Eiweisskörper zu entfernen, kocht sie dann wieder mit Essigsäure aus, und dann kann man sie endlich nach einem Verfahren, das von Gwosdew angegeben worden ist, umkrystallisiren. Man löst die Krystalle in absolutem Alkohol, der mit gepulvertem kohlensauren Kali unter öfterem Umschütteln eine Zeitlang gestanden hat, filtrirt, verdünnt mit dem gleichen Volum Wasser, säuert mit Essigsäure an, sammelt den entstandenen Niederschlag auf dem Filtrum, mischt ihn feucht mit Eisessig und etwas Kochsalz, und erwärmt eine Zeitlang auf dem Wasserbade. Die gebildeten Krystalle werden dann mit Wasser ausgewaschen. Bei diesem Umkrystallisiren erhält man freilich ein Gemenge von Chlorhaematin und Haematin. Dies ist aber für den Zweck von

keiner Bedeutung, weil man die Teichmann'schen Krystalle nur darstellen will, um nachher daraus Haematin zu gewinnen.

Eine andere Art der Darstellung besteht darin, dass man in defibrinirtes Blut Potasche einträgt, bis sich ein Brei bildet, den man mit concentrirter Potaschenlösung auswäscht, und dann trocknet. Man kocht mit Alkohol aus, filtrirt und fällt das Kali der alkoholischen Lösung mit Weinsäure im Ueberschuss aus. Man dampft auf $\frac{1}{10}$ des Volums ein, lässt stehen, filtrirt und wäscht, presst ab und löst die gewonnene krystallinische Masse in kohlensaurem Ammoniak, verdampft zum Trocknen und erhitzt bis 130°. Den Rückstand wäscht man mit siedendem Wasser aus.

Rührt die Farbe des Haematins vom Eisen her? Mulder hat schon das Haematin mit Schwefelsäure angerieben, hat dann Wasser zugesetzt und gefunden, dass ein noch tiefgefärbter Körper herausfiel, der die Zusammensetzung von eisenfreiem Haematin zeigte; das Eisen war in Gestalt von schwefelsaurem Eisenoxydul in der Lösung enthalten. Dieser Versuch, der eine Zeit lang angezweifelt worden, gelang später wieder Scherer, und in neuerer Zeit hat Preyer noch auf andere Weise eisenfreies Haematin und zwar krystallisirt dargestellt. Er nennt es Haematoin. Um es zu erhalten, schüttelt er entchlortes und entfettetes Blut mit Aether und wenig Eisessig, hebt die ätherische Lösung ab und lässt langsam über Eisessig verdunsten. Ja Preyer ist sogar der Meinung, dass in sauren Lösungen überhaupt kein eisenhältiges Haematin existire, sondern dass, sobald das Haematin in Lösung der Einwirkung einer Säure unterliege, sich die Säure mit dem Eisen verbinde, und das eisenfreie Haematin (Haematoin) für sich gelöst sei; wenn es dagegen wieder herausgefällt wird, verbindet es sich nach seiner Ansicht wiederum mit dem Eisen.

Haematoidin.

Es ist von Virchow vor längerer Zeit eine in gelben rhomboëdrischen Krystallen krystallisirende Substanz beschrieben worden. Er fand dieselbe in alten apoplectischen Herden und auch an andern Orten, wo Blut ausgetreten war. Er leitete sie deshalb von dem Farbstoff des Blutes her, und nannte sie Haematoidin. Die Krystalle färbten sich mit Salpetersäure blau und wurden bei weiterer Einwirkung derselben unter Entfärbung zersetzt. Später erhielt Valentiner aus der Galle Krystalle, die ganz ähnlich aussahen. Sie erwiesen sich als krystallisirtes Cholepyrrhin, welchen Gallenfarbstoff man bisher nur im amorphen Zustande gekannt, oder richtiger, erkannt hatte. Als man nun die Beschreibungen, welche Virchow und andere vom Haematoidin gegeben hatten, wieder durchsah, sah man, dass sie einigermassen auf die Eigenschaften des krystallisirten Cholepyrrhins, das man heutzutage Bilirubin nennt, passten. Man war deshalb eine Zeitlang der Meinung, dass das Haematoidin von Virchow mit dem krystallisirten Cholepyrrhin identisch sei. Es kann wohl nicht in Abrede gestellt werden, dass manches unter dem Namen Haematoidin beschrieben worden ist, was nichts anderes war als krystallisirtes Cholepyrrhin, aber identisch sind beide nicht. Die Untersuchungen, welche Holm am Corpus luteum der Kuh, in dem sich Haematoidin immer in beträchtlicher Menge befindet, angestellt hat, haben zum Resultate geführt, dass dieses Haema-

toidin identisch ist mit dem Haematoidin in apoplectischen Herden, aber verschieden ist vom krystallisirten Cholepyrrhin. Dass das Haematoidin von Virchow ein directer Abkömmling des Blutfarbstoffes sei, ist zwar nicht bewiesen, indem es noch niemals gelungen ist, Haematin in Haematoidin oder umgekehrt Haematoidin in Haematin umzuwandeln, es ist aber wahrscheinlich durch die Lagerstätten des Haematoidins, indem man es immer dort findet, wo Blut ausgetreten ist, wo also Blutfarbstoff in Menge vorhanden war, der das Material zur Bildung des Haematoidin hergeben konnte.

Anderweitige Bestandtheile des Blutes.

Wir haben noch von einigen Bestandtheilen des Blutes zu sprechen, welche darin in verhältnissmässig geringer Menge vorkommen, und die wir deshalb nicht in der ausführlichen Weise behandeln, wie diejenigen Körper, von denen wir bisher gesprochen haben. Die meisten von ihnen werden wir bei andern Gelegenheiten noch näher kennen lernen.

Vor einigen Jahren stellte Liebreich einen krystallisirten Körper aus dem Gehirne dar, den er Protagon nannte, und nach nicht langer Zeit wurde dieses Protagon auch als in den Blutkörperchen vorkommend bezeichnet. Spätere Untersuchungen über das Protagon haben wieder Zweifel darüber erregt, ob es ein chemisches Individuum, oder ob es ein Gemenge sei. Diaconow und Strecker sind bei ihren Untersuchungen zu dem Resultate gekommen, dass dieses Protagon ein Gemenge aus Lecithin und Cerebrin sei. Das Cerebrin ist eine Substanz, die Frémy zuerst aus dem Gehirn darstellte und Acide cerebrique nannte. Das Lecithin war zuerst von Gobley aus dem Dotter des Hühnereies dargestellt worden. Es war, wie die späteren Untersuchungen gezeigt haben, anzusehen als saures glycerinphosphorsaures Neurin, in dem zwei Atome Wasserstoff der Glycerinphosphorsäure durch die Radicale von fetten Säuren, von Stearinsäure oder Oelsäure oder von beiden, ersetzt waren. Neurin wieder war eine Base, die sich als identisch erwiesen hat mit der früher unter dem Namen Cholin dargestellten Substanz. Wie dem nun auch sein mag, ob das Protagon ein chemisches Individuum ist, oder ob es in der That aus Lecithin und Cerebrin besteht, so scheint doch nach einer Mittheilung von Hoppe-Seyler die in den Blutkörperchen für Protagon gehaltene Substanz Lecithin zu sein. Dieses haben wir also als einen Bestandtheil des Blutes anzusehen.

Es kommt ferner im Blute Cholesterin vor, dann eine Reihe von Fetten, die man nicht näher kennt. Sie sind an und für sich nie untersucht worden, sondern nur das Menschenfett im Allgemeinen. Von ihm weiss man, dass es ein Gemenge von Glycerinfetten ist, und von Heintz sind Stearinsäure, Palmitinsäure und Oelsäure als fette Säuren derselben aufgefunden worden. Dann kommt in den Blutkörperchen wahrscheinlich fertig gebildet noch ein Eiweisskörper vor, über den man auch nichts Näheres weiss. Dann kommt Zucker im Blute vor, dann Harnstoff und andere Bestandtheile des Harns in geringer Menge, und eine Anzahl verschiedener Bestandtheile, die zum Theil mit der Nahrung, die eingenommen worden ist, wechseln. Ausserdem kommen anorganische Bestandtheile vor, Salze, deren Säuren und Basen wesentlich dieselben sind, wie sie im ganzen Körper verbreitet sind, Natron, Kali, Kalkerde, Magnesia,

in geringer Menge auch Lithion und Mangan, angeblich auch Spuren von Kupfer und Blei, die aber nicht immer vorhanden zu sein scheinen. Vom Eisen ist die Hauptmasse Bestandtheil des Haemoglobins, aber auch das Plasma ist nicht frei davon. Die wichtigsten Säuren, welche vorkommen, sind die Kohlensäure, die Phosphorsäure, die Schwefelsäure, endlich Salzsäure, insofern als man die gelösten Chlorverbindungen im Blute als salzsaure Salze ansehen will; in demselben Sinne auch Spuren von Flusssäure.

Unsere Kenntniss von den anorganischen Bestandtheilen des Blutes stammt zum grössten Theile aus Untersuchungen über die Blutasche, beziehungsweise die Serumasche. Man muss aber stets vor Augen haben, dass sich bei der Verbrennung neue Verbindungen bilden, und so die gleichnamigen bereits im Blute enthaltenen vermehren können. So bildet sich ausser Kohlensäure, die aber ganz oder grösstentheils ausgetrieben wird, Schwefelsäure und Phosphorsäure bei der Verbrennung des Eiweisses und des Lecithins, und durch die Verbrennung des Haemoglobins bildet sich Eisenoxyd.

Quantitative Zusammensetzung des Blutes.

Es kann sich nicht darum handeln, alle Bestandtheile des Blutes einzeln abzuscheiden und quantitativ zu bestimmen, es handelt sich immer nur darum, gewisse Hauptbestandtheile in ihren Mengen zu erkennen. Es handelt sich darum, die relative Menge der Blutkörperchen, die relative Menge des Eiweisses, die relative Menge des Fibrins, welches ausgeschieden wird, die relative Menge des Wassers und endlich auch die relative Menge der Salze und der Fette zu erkennen. Für uns ist es in Rücksicht auf die pathologische Zusammensetzung des Blutes am wichtigsten, die relativen Verhältnisse von Blutkörperchen, von Fibrin, von Eiweiss und von Wasser zu bestimmen. Das Fibrin wird, wie wir gesehen haben, aus dem Blute durch Schlagen erhalten. Man bedient sich dazu, wenn man quantitative Bestimmungen machen will, eines in einen Haken umgebogenen Platindrahtes oder eines in einen Haken umgebogenen Glasstabes, weil man am reinlichsten damit arbeitet. Es wird angegeben, man solle das Fibrin auf dem Filtrum mit Wasser auswaschen. Das gelingt aber nur einigermassen gut in der kalten Jahreszeit: in der warmen Jahreszeit erleidet man, wenn man nicht auf Eis arbeitet, immer einen nicht unbeträchtlichen Verlust. Das Fibrin fängt an sich zu zersetzen und wird dann in Wasser löslich. Wenn man das Waschwasser untersucht, so findet man, dass man niemals mit dem Auswaschen zu Ende kommt, man findet immer, dass Eiweiss vorhanden ist, welches zuletzt nicht mehr vom Blutserum herrührt, sondern von Eiweiss, das sich durch Wiederauflösen des Fibrins gebildet hat. Man thut deshalb besser, das ganze Fibrin in ein feines aber starkes und dichtes Tuch einzubinden, es mit diesem Tuche unter Wasser auszuwaschen und zuletzt vorsichtig auszukneten: dann kann man in einer Viertelstunde das ganze Fibrin gereinigt haben, so dass man weiter keine Zersetzung zu fürchten hat. Man sammelt es dann mit der Pinzette sorgfältig und mit Zuhilfenahme einer Lupe von der inneren Oberfläche des Tuches ab, kocht es mit Alkohol und dann mit Aether aus, trocknet bei 110^{0}, lässt

im Trockenraume über Schwefelsäure erkalten und wägt rasch im bedeckten Gefäss. Es sind diese Vorsichtsmassregeln nothwendig, weil das trockene Fibrin vielleicht mehr noch als die anderen trockenen Eiweisskörper hygroskopisch ist.

Man kann das Fibrin auch dadurch bestimmen, dass man den in Stücke zerschnittenen Blutkuchen auswäscht. Dann erhält man etwas grössere Zahlen. Es beruht dies darauf, dass der Blutkuchen eine Menge farbloser und farbiger Blutkörperchen einschliesst. Beim Auswaschen wäscht man zwar die löslichen Bestandtheile vollständig aus, aber das Stroma geht nicht oder nicht vollständig mit, so dass es hinterher mit dem Fibrin gewogen wird. Doch sind die hierdurch bedingten Unterschiede sehr gering und können vernachlässigt werden gegenüber anderen unvermeidlichen Differenzen. Es war schon früheren Beobachtern aufgefallen, dass, wenn man eine Blutportion in zwei Theile theilt, die eine Hälfte mitunter mehr Fibrin gibt als die andere. Man hatte darüber experimentirt, welche Einflüsse hier wirksam seien. Man glaubte, dass einerseits die Temperatur, andererseits die Bewegung oder Ruhe des Blutes vor und während des Gerinnens einen entschiedenen Einfluss auf die Fibrinmenge übten. Vor einigen Jahren hat Sigmund Mayer hier im Laboratorium diesen Gegenstand wieder aufgenommen. Es wurde, um das Blut zu nehmen, eine gabelig getheilte Röhre in das Blutgefäss eingebunden, und dann mittels dieser Röhre das Blut gleichzeitig in zwei verschiedenen Gefässen aufgefangen. Es musste also hier das Blut in beiden Gefässen gleich zusammengesetzt sein. Nichtsdestoweniger waren die Fibrinmengen, welche erhalten wurden, ungleich, und zwar traten Unterschiede auf, die ganz unmöglich aus Versuchsfehlern, aus Ungenauigkeiten herzuleiten waren. Das Merkwürdigste aber war, dass sich gar keine Ursache für diese Unterschiede auffinden liess, dass manchmal Blutportionen, welche auf verschiedene Weise behandelt worden waren, von denen die eine in der Kälte gewesen, die andere auf 45° erwärmt, ziemlich gleiche Fibrinmengen gaben, und ein ander Mal wieder grosse Differenzen zeigten. So gab ein Versuch in dem gekühlten Blute 0,349 Procent Fibrin, im erwärmten 0,351 pCt., während in einem andern ganz ähnlichen Versuche das gekühlte Blut 0,557 pCt. gab, das erwärmte 0,465 pCt. In einem Versuche ergaben geschlagenes und in Ruhe geronnenes Blut ganz gleiche Fibrinmengen, während in einem andern das geschlagene und wiederum in einem andern das in Ruhe geronnene Blut eine bedeutend grössere Fibrinmenge ergab. In ganz gleich behandelten Blutportionen zeigten sich Differenzen bis zu 0,045 pCt., so dass aus den zwanzig angestellten Versuchen nichts als die allgemeine Unsicherheit der Fibrinbestimmungen erschlossen werden konnte.

Ein anderer Bestandtheil des Blutes, der einer genauen Bestimmung kaum geringere Schwierigkeiten entgegensetzt, sind die Blutkörperchen. Die älteste Art, die Blutkörperchen zu bestimmen, besteht darin, dass man sie auf dem Filter sammelt und wägt. Das ist die Methode von Dumas. Man mischt das durch Schlagen defibrinirte Blut mit dem dreifachen Volum einer concentrirten Lösung von schwefelsaurem Natron, dann verschrumpfen die Blutkörperchen. Das Blut wird dabei hellroth, weil die verschrumpften Körper von ihrer Oberfläche mehr Licht reflectiren, aber die Farbe ist nicht die des arteriellen Blutes, sondern

mehr ziegelroth. Die unveränderten Blutkörperchen sind, wie wir früher gesehen haben, im hohen Grade schlüpfrig und haben im hohen Grade das Vermögen, ihre Form zu verändern. Sie gehen deshalb auch durch die Maschen des Filtrums hindurch. Wenn man frisches geschlagenes Blut auf das Filtrum bringt, so gelingt es niemals, das Serum abzufiltriren. Wenn die Blutkörperchen aber vorher in der erwähnten Weise zum Schrumpfen gebracht worden sind, dann haben sie eine gewisse Starrheit und Sprödigkeit und fangen sich in den Maschen des Filtrums. Anfangs geht das Serum röthlich durch, dann aber klärt es sich, und man kann ziemlich alle Blutkörperchen auf dem Filtrum sammeln, und mit einer Lösung von schwefelsaurem Natron auswaschen. Im Filtrat und der Waschflüssigkeit hat man dann das ganze Serumeiweiss und kann es mit Leichtigkeit durch Coagulation bestimmen. Die Blutkörperchen auf dem Filtrum sind aber dann mit der Lösung von schwefelsaurem Natron imprägnirt; diese muss man herauswaschen. So lange die Blutkörperchen selbst wieder aufquellen würden, so lange darf man nicht mit Wasser waschen. Man nimmt daher das Filtrum und taucht es in eine siedendheisse Lösung von schwefelsaurem Natron, oder coagulirt auf andere Weise durch Wärme auf dem Filtrum. Dann wäscht man mit Wasser das schwefelsaure Natron heraus. Ein anderes Verfahren besteht darin, dass man die Blutkörper, nachdem sie mit der Salzlösung gewaschen sind, mit destillirtem Wasser durchs Filtrum hindurchwäscht, die so erhaltene Lösung auf 100° erwärmt, filtrirt, und den Niederschlag mit Wasser auswäscht. Man bekommt nur die Substanzen, die sich mit Glaubersalzlösung nicht auswaschen lassen, und die schon unlöslich sind oder durch Erwärmen in den unlöslichen Zustand übergeführt werden. Absolute Zahlen kann man auf diesem Wege also nicht erhalten, wohl aber relative Zahlen, und auf diese kommt es zumeist an. Man will Blut von Individuen, die an verschiedenen Krankheiten leiden, untereinander und mit dem Blute gesunder Menschen vergleichen.

Eine andere Methode der Bestimmung der Blutkörperchen hat Vierordt angegeben. Er schlägt vor, man solle die Blutkörperchen zählen. Es ist dies zwar etwas mühsam, aber in der That ausführbar. Vierordt nimmt ein capillares Glasröhrchen und saugt in dieses eine kleine Quantität Blut ein, so dass sich darin ein Säulchen von Blut befindet. Die Länge des Säulchens misst er unter dem Mikroskope, und er misst auch den Durchmesser seines Röhrchens; dann kennt er das Blutvolum, welches er im Röhrchen hat. Nun bläst er es auf ein Glas, welches mikrometrisch in Quadrate eingetheilt ist, zieht dann mit dem Röhrchen etwas Salz- oder Zuckerlösung auf, und lässt die aufgezogene Flüssigkeit auf das Blut fallen, um so alle Blutkörperchen zu erhalten. Er zählt das Areal in Quadraten aus, über welche sich der Bluttropfen verbreitet, und zählt dann in einzelnen Quadraten probeweise die Menge der Blutkörperchen, die darin enthalten sind. Dann bringt er durch Multiplication die ganze Menge der Blutkörperchen näherungsweise heraus. Diese Methode hat unzweifelhaft den Vortheil, dass sie mit einer äusserst geringen Menge von Blut ausgeführt werden kann, mit einer Menge, die man von jedem gesunden oder kranken Menschen nehmen kann. Andererseits liegt aber eine Schwierigkeit darin, dass man eine kleine Quantität Blut nimmt, indem wenig Garantie vorhanden ist, dass

die Blutkörperchen in diesem Blute in derselben relativen Menge enthalten sind, wie im Gesammtblute. In neuerer Zeit hat L. Malassez einen eigenen kleinen Apparat angegeben um die Blutkörperchen zu zählen, nachdem man die Blutprobe mit einer Lösung gemischt hat, deren specifisches Gewicht dem der Blutkörper möglichst gleich ist, so dass sie sich daraus nicht absetzen, sondern einmal gemischt gleichmässig in ihr vertheilt bleiben. Es genügt hier das Durchzählen eines kleinen Bruchtheils der Blutprobe und die Operation wird dadurch bedeutend abgekürzt.

Man hat auch versucht, die Blutkörperchen indirect durch Rechnung zu bestimmen. Dies ist aber nur dann möglich, wenn man weiss, wie viel feste Bestandtheile und wie viel Wasser in den Blutkörperchen enthalten ist. Mit absoluter Genauigkeit kann man begreiflicher Weise das nicht wissen. Denn wenn das Serum verdünnt wird, so hat dies eine Rückwirkung auf die Blutkörperchen, sie müssen vom Serum Wasser anziehen, das Verhältniss der festen Theile muss ein geringeres werden; umgekehrt, wenn das Serum concentrirt wird, wird den Blutkörperchen Wasser entzogen, und die relative Menge der festen Theile wächst. Man hat aber doch durch eine Reihe von Versuchen die mittlere Menge der festen Bestandtheile zu bestimmen gesucht, und Schmidt ist zu dem Resultate gekommen, dass die Blutkörperchen aus einem Theile fester Substanz und aus drei Theilen Wasser bestehen. Unter dieser Voraussetzung lässt sich die Menge der Blutkörperchen indirect bestimmen. Man nimmt zwei Blutportionen, nicht nach einander, weil man dann Gefahr läuft, dass sie ungleich zusammengesetzt sind, sondern gleichzeitig, indem man sie in einem Trichter, der einen gabelig getheilten Ausfluss hat, auffängt, und so in zwei verschiedene Gefässe leitet. Die beiden Blutportionen werden gewogen, und die eine wird geschlagen, um das Fibrin zu bestimmen. Die andere Portion bedeckt man und lässt sie ruhig stehen; sie gerinnt, und der Blutkuchen stösst eine Quantität Serum aus. Dann hebt man zunächst eine Portion möglichst reinen Serums ab, und trennt dann den Blutkuchen von dem noch übrigen Serum. Der Blutkuchen und die Serumportion werden einzeln gewogen. Dann wird der Blutkuchen im Wasserbade zum Trocknen eingedunstet und der Rückstand gewogen. Das gefundene Gewicht wird von dem des feuchten Blutkuchens abgezogen, um die Menge des verdunsteten Wassers zu finden. Ebenso ermittelt man das Gewicht der festen Bestandtheile und des Wassers in der Serumprobe. Man hat dann folgende Daten aus der einen Blutmenge *(A)*: *a)* den Rückstand des Blutkuchens, *b)* das Wasser desselben, *c)* Rückstand der Serumprobe, *d)* Wasser derselben. — Aus der andern Blutmenge *(B)* hat man das Fibrin bestimmt, und daraus kann man, da man die erste Blutportion A gewogen hat, und ebenso die Blutportion B, die Menge des Fibrins in A finden. Diese Menge soll f sein. Nun werden wir noch eine Hilfsgrösse g einführen. Dieses soll den Rückstand des Serums bedeuten, welches noch im Blutkuchen enthalten ist. Der trockene Rückstand des Blutkuchens a muss gleich sein der Menge des Fibrins f, vermehrt um den trockenen Rückstand des Serums, das im Blutkuchen enthalten ist, g, mehr dem trockenen Rückstand der Blutkörperchen, den wir eben suchen und daher mit x bezeichnen wollen, also ist

$$\text{(I)} \qquad a = f + g + x.$$

Die Grössen f und a sind bekannt, aber g nicht, es muss erst durch bekannte Grössen ausgedrückt werden, um x bestimmen zu können. Nun ist es klar, dass das Wasser in der Serumprobe sich zum Rückstande in der Serumprobe ebenso verhält, wie sich in dem Serum des Blutkuchens das Wasser zum Rückstande verhält. Dieses Wasser des Blutkuchens ist aber gleich dem ganzen Wasser des Blutkuchens, vermindert um das Wasser, welches in den Blutkörperchen enthalten. Das ganze Wasser des Blutkuchens war b und das Wasser in den Blutkörperchen ist nach unserer Voraussetzung $3x$, da ja die Blutkörperchen aus einem Theile fester Substanz und drei Theilen Wasser bestehen sollen. Also ist das Wasser des Serums gleich $b - 3x$. Ich habe demnach

$$\frac{c}{d} = q = \frac{g}{b - 3x}$$

$$\text{also } g = q\,(b - 3x)$$

$$\text{und aus (I)} \quad a = f + q\,(b - 3x) + x.$$

Diese Gleichung braucht man nur nach x aufzulösen, um das Gewicht der trockenen Blutkörper daraus zu berechnen. Diesen Werth habe ich dann nur mit 4 zu multipliciren, um das Gewicht der feuchten Blutkörperchen, wie sie im Blute vorkommen, zu finden.

Es kann dies Verfahren auch noch benützt werden, um die Menge des Serumeiweisses zu ermitteln. Man nimmt ausser der erwähnten Serumprobe noch eine zweite, die gleichfalls gewogen wird, man verdünnt mit einer Lösung von schwefelsaurem Natron, säuert an, coagulirt, wäscht aus, extrahirt mit Alkohol und Aether, und wäscht und trocknet. Darauf berechnet man das Eiweiss im Gesammtserum, indem man die Menge desselben so ermittelt, dass man zum Gewichte des ausgestossenen Serums das des im Blutkuchen zurückgebliebenen addirt. Letzteres ist nach dem obigen $= g + b - 3x = (q + 1)(b - 3x)$,

Man kann endlich alle diese Bestimmungen an einer Blutportion machen, indem man das Fibrin *(f)* durch Auswaschen des gewogenen Blutkuchens bestimmt, alles Waschwasser sammelt, zum Trocknen verdampft, dann noch das Alkohol- und Aetherextract hinzufügt und gleichfalls zum Trocknen verdampft. Das Gewicht des Rückstandes vermehrt um das Gewicht des Fibrins *(f)* gibt dann die Grösse a, und durch Subtraction derselben vom Gewichte des feuchten Blutkuchens erhält man wieder b. Dies alles geht ganz vortrefflich, so lange man sich auf diesen sogenannten Schmidt'schen Coefficienten verlassen kann. Ueber diesen ist man aber keineswegs vollständig einig, indem z. B. Hoppe-Seyler annimmt, dass die Menge des Wassers nicht dreimal, sondern zweimal so gross sei als die Menge der festen Substanzen in den Blutkörperchen. Möglicher Weise liegt der mittlere Werth zwischen diesen beiden. Das beschriebene Verfahren hat aber doch den Werth, dass es bei leichter Ausführbarkeit unter sich vergleichbare Resultate, gute relative Werthe gibt, wenn man nicht annehmen will, dass der Wassergehalt der Blutkörper so grossen Schwankungen unterliegt, dass dadurch das ganze Verfahren illusorisch wird, eine Annahme, die bei der indirecten Art und Weise, in der der Coefficient das Resultat beeinflusst, nicht gerade wahrscheinlich ist.

Man hat weiter vorgeschlagen, die Menge der Blutkörperchen aus der Menge des Fibrins zu berechnen, welches man einmal aus dem Gesammtblute und das andere Mal aus dem Blutplasma erhält. Man soll zwei Blutportionen nehmen, die eine kaltstellen, damit die Blutkörperchen Zeit haben sich zu senken, ehe das Blut gerinnt, dann soll man das klare Plasma abheben und aus demselben das Fibrin bestimmen. Zweitens soll man aus der andern Portion das Fibrin bestimmen und hieraus nach der aus dem Plasma erhaltenen Ziffer die Menge des Plasma in dieser Blutportion berechnen. Wenn man von ihrem Gewichte das berechnete Plasmagewicht abzieht, so würde der Rest das Gewicht der feuchten Blutkörper sein. Das würde gewiss ein vorwurfsfreies Verfahren sein, wenn eben wirklich genaue Fibrinbestimmungen möglich wären. So aber, wie die Sachen nach dem oben Mitgetheilten stehen, kann man es nicht empfehlen, zumal da bei der kleinen Fibrinmenge, die man erhält, jeder Fehler sich durch die Multiplication so sehr vergrössert. Man hat ferner vorgeschlagen, die Menge der Blutkörperchen aus der färbenden Kraft des Blutes zu bestimmen, mit andern Worten aus der Menge des Haemoglobins, welches darin enthalten ist. Man hat dann auch vorgeschlagen, das Eisen zu bestimmen, weil dieses hauptsächlich im Haemoglobin enthalten ist, aus der Menge des Eisens auf die Menge des Haemoglobins, von dieser auf die der Blutkörperchen zurückzuschliessen. Das Gewicht des Eisens beträgt aber nur 0,42 Procent vom Gewichte des Haemoglobins, so dass sich der gemachte Fehler auf das Haemoglobin übertragen mit 228,57 multipliciren würde. Ausserdem leiden alle diese Methoden an einem Uebelstande, daran, dass sie die Voraussetzung machen, ein gleiches Gewicht von Blutkörperchen enthalte immer die gleiche Menge von Haemoglobin. Diese Voraussetzung trifft nicht zu. Es hat sich bei Untersuchungen, die im Laboratorium von Stricker angestellt wurden, gezeigt, dass das Blut bei Chlorotischen nicht blass ist, eine geringere färbende Kraft hat, weil darin zu wenig Blutkörperchen enthalten sind, sondern deshalb, weil zwar die normale Menge von Blutkörperchen darin enthalten ist, aber die einzelnen Blutkörperchen weniger Haemoglobin enthalten als im normalen Blute. Alle diese Methoden haben also nur einen Werth, wenn man sich vorsetzt, das Haemoglobin oder das Eisen im Blute zu bestimmen; sie haben aber keinen Werth, wenn man den Zweck hat, das Gesammtgewicht der feuchten oder trockenen Blutkörperchen als solches zu bestimmen. Da das Haemoglobin einen wechselnden, wenn auch bedeutenden Bruchtheil vom Gewichte der Blutkörperchen ausmacht, so darf man nicht mehr annehmen, dass die Zahlen des Haemoglobins verschiedener Blutproben sich unter einander verhalten wie die Gewichte der feuchten oder wie die Gewichte der trockenen Blutkörper. Hoppe-Seyler hat deshalb noch eine Methode angegeben und in seinem Handbuche der physiologisch- und pathologisch-chemischen Analyse beschrieben, die diese Fehlerquelle durch Controle des Haemoglobingehalts der Blutkörper zu umgehen sucht.

Nach diesen ziemlich traurigen Aufschlüssen, welche wir bekommen haben, könnte es fast scheinen, als ob überhaupt die Blutanalyse werthlos sei. Es ist dies jedoch keineswegs der Fall, weil die Schwankungen gerade bei den Bestandtheilen, die wir bis jetzt besprochen haben, in Krankheiten so bedeutend sind, dass sie trotz der Mängel unserer analytischen

Methoden nichts desto weniger mit Deutlichkeit und Sicherheit wahrgenommen werden können. Wenn z. B. die bestimmte Fibrinmenge selbst nur $\frac{3}{5}$ derjenigen betragen sollte, die sich unter uns unbekannten günstigeren Umständen aus demselben Blute hätte ausscheiden können, so würde dies noch nicht einen pathologischen Zustand verdecken können, bei welchem zwei, drei, viermal so viel Fibrin im Blute enthalten ist, als im normalen Zustande. Ebenso ist es auch mit den Blutkörperchen, bei deren Ziffern solche Schwankungen vorkommen, dass sie trotz der Mängel unserer Methode leicht erkannt werden.

Ausser den erwähnten Bestandtheilen bestimmt man noch die Fette, indem man mit Aether auszieht, und das, was sich eben im Aether löst, als Fett verrechnet. Man bestimmt endlich die sogenannten Extractivstoffe, worunter man die Stoffe versteht, die keinen Namen haben, und von denen man nichts weiss. Wenn man die Körper und ihre Eigenschaften näher kennen lernt, so hören sie auf, Extractivstoffe zu sein; sie bekommen einen Namen und werden, sobald unsere Kenntnisse dazu ausreichen, an einem oder dem anderen Orte des chemischen Systems eingereiht. Endlich bestimmt man noch die Salze, indem man das Blut einäschert, und zwar entweder die Salze des Gesammtblutes oder die Salze des Serums, letztere indem man eine Portion Serum einäschert. Die Menge derselben wird sehr verschieden angegeben, von 6 bis 12 pro mille. Auch über die Zusammensetzung gehen die Angaben weit auseinander. Indess stimmen sie in den folgenden Punkten überein: Bei weitem die Hauptmasse bilden die Natronsalze, dann folgen der Menge nach die Kalisalze, dann die des Kalkes und dann die der Bittererde. Wenn man nach den Säuren ordnet, so sind nächst den Chlormetallen in der Asche am reichlichsten vorhanden die phosphorsauren, in viel geringerer Menge die schwefelsauren Salze.

Es ist schon früher erwähnt worden, dass die beiden ebengenannten Säuren theilweise erst beim Einäschern entstanden sind. Přibram hat in neuerer Zeit in Ludwig's Laboratorium Phosphorsäure und Kalkerde direct aus dem Serum gefällt. Den Kalk erhielt er in derselben Menge, wie aus der Asche, die Phosphorsäure aber in beträchtlich geringerer. Um eine Vorstellung von der Zusammensetzung des Gesammtblutes zu geben, will ich Ihnen aus Valentin's Lehrbuch der Physiologie die Mittelzahlen mittheilen, welche Becquerel und Rodier gefunden haben. Es sind dies zwar relativ alte Bestimmungen, aber die Mittel sind aus einer grossen Menge von Versuchen genommen worden.

Bestandtheile	in 100 Theilen Mann	Frau
Wasser	77,9	79,11
Fester Rückstand	22,1	20,89
Blutkörperchen	14,11	12,72
Eiweiss	6,94	7,05
Faserstoff	0,22	0,22
Fette	0,16	0,16
Extractivstoffe und Salze	0,68	0,74

Die Mittelzahlen, welche Moleschott in seiner Physiologie der Nahrungsmittel aus sämmtlichen ihm vorliegenden Angaben verschiedener Beobachter berechnet, entfernen sich davon nicht weit, sie lauten

	in 1000 Theilen
Eiweiss	67,06
Fibrin	2,23
Trockene Blutkörper	130,88
Fett	3,67
Extractivstoffe	4,17
Salze	7,72

Auffallend ist Jedem, der eine solche Tabelle zum ersten Male sieht, die ausserordentlich geringe Menge des Fibrins. Das Fibrin macht die ganze Masse des Blutes zu einer gallertartigen Masse gestehen, man glaubt, es müsste die Hauptmasse des Blutes sein, und doch bildet es getrocknet und gewogen einen verhältnissmässig so geringen Bruchtheil.

Blut in Krankheiten.

In Krankheiten kommen sehr auffallende Abweichungen von den vorhergegebenen Mittelzahlen vor. Die am besten studirte ist diejenige, welche sich in den acuten Entzündungen, und zwar in ihrem höchsten Grade in der Pneumonie und Pleuritis findet. Es ist dies das sogenannte entzündliche Blut. Bei ihm ist das Fibrin vermehrt und die Menge der Blutkörperchen vermindert. Damit hängen auch die Eigenschaften zusammen, welche solches Blut zeigt, nachdem es aus der Ader gelassen worden ist. Solches Blut gerinnt im Allgemeinen langsam. Es geschieht dies nicht immer, aber in der Regel, und bisweilen ist die Gerinnung in ganz ungewöhnlicher Weise verlangsamt. Man darf nicht glauben, dass Blut, das reich an Fibrin ist, schnell gerinnt, es gerinnt im Gegentheile im Allgemeinen langsam, und umgekehrt, das Blut, das arm an Fibrin ist, gerinnt im Allgemeinen rasch. Wenn man ein Thier verbluten lässt, so gerinnen die letzten Blutportionen, welche ausfliessen, und die in der Regel ärmer an Fibrin sind, viel schneller als die Blutmengen, welche zuerst ausgeflossen sind. Ja zuletzt gerinnt das Blut oft so schnell, dass es beim Herabfliessen, einen Haufen macht, dass es nicht Zeit hat zum Auseinanderfliessen, sondern unmittelbar beim Ausfliessen gerinnt. Da das Blut der Entzündungskranken langsam gerinnt, so haben die Blutkörperchen Zeit sich zu senken. Sie senken sich aber auch an und für sich schneller als im normalen Blute. Die Blutkörperchen haben im Allgemeinen auch im gesunden Blute die Neigung, sich in Form von Geldrollen aneinanderzulegen, sich zu Säulchen zu vereinigen, und diese Neigung haben sie im entzündlichen Blute im erhöhten Grade. Wie sich also gröbere Niederschläge leichter absetzen, als die sehr fein vertheilten, so setzen sich auch die vereinigten Blutkörper leichter ab als die einzelnen. Ausserdem ist die Zahl der Blutkörperchen geringer, und dies ist wieder ein Grund für das schnellere Absetzen. Jedes Blutkörperchen, das heruntersinkt, verdrängt, indem es sinkt, das Wasser unter sich, und bringt also einen aufsteigenden Strom neben sich hervor; dieser aufsteigende Strom hindert, verzögert ein anderes Blutkörperchen, das neben ihm heruntersinkt. Je geringer die Zahl der Blutkörper ist, um so geringer ist also auch die Zahl der aufsteigenden Ströme, und um so weniger ist jedes einzelne Blutkörperchen in seiner Bewegung nach abwärts gehindert. Das langsame Gerinnen des entzündlichen Blutes und das rasche Sinken der

Blutkörperchen ist es, welches veranlasst, dass das entzündliche Blut eine Speckhaut, eine sogenannte crusta phlogistica bildet. Dass diese Speckhaut fest und elastisch ist, rührt von der grossen Menge von Fibrin her, welche das entzündliche Blut enthält, und damit hängt es endlich auch zusammen, dass der Blutkuchen ein klares, ein wenig gefärbtes Serum ausstösst, weil eben die grosse Menge von Fibrin im Stande ist, die Blutkörper fest und gut im Blutkuchen zusammenzuhalten.

Die älteren Humoralpathologen waren der Meinung, dass diese Beschaffenheit des Blutes vor dem Eintreten der Krankheit bestehe; und dass sie die Prädisposition zur Krankheit bedinge, ja die Krankheit selbst herbeiführe. Sie schrieben diesem Blute eine besondere Neigung zum Gerinnen zu, und leiteten davon die Hepatisation der Lungen und die sogenannten Todes- oder Sterbepolypen her, die strangartig verzweigten Faserstoffgerinnsel, welche man in Leichen von Individuen, die an Pneumonie zu Grunde gegangen sind, nicht selten im Herzen und in den grossen Gefässen findet. Wir wissen jetzt, dass diese Sterbepolypen nicht davon herrühren, dass das Blut eine grosse Neigung zum Gerinnen hat, sondern davon, dass das Blut wenig Neigung zum Gerinnen hat, dass es sehr lange in der Leiche flüssig bleibt, und deshalb die Blutkörperchen Zeit haben, sich abzusetzen, so dass im Herzen und in den Gefässen blutkörperchenfreie Schichten entstehen, ehe die Gerinnung eintritt. Diese sogenannten Sterbepolypen sind nichts anderes als eine Speckhaut, als eine crusta phlogistica, die sich innerhalb des Herzens und der grossen Gefässe abgeschieden hat. Wenn mit der beginnenden fauligen Zersetzung das Blut sich wieder verflüssigt, so geht dies immer zuerst von den Blutkörperchen aus; die farbigen Coagula verflüssigen sich, die ungefärbten bleiben in Polypenform zurück. Die älteren Humoralpathologen waren consequenter Weise auch der Meinung, dass sie durch ihre Aderlässe die Zusammensetzung des Blutes verbesserten und dadurch die Krankheit heilten. Später machte man freilich die Erfahrung, dass, so lange die Krankheit noch zunehme, trotz der Aderlässe die Menge des Fibrins zunehme, und die der Blutkörperchen abnehme, und erst bei eintretender Besserung sich die Zusammensetzung des Blutes wieder der normalen nähere. Weitere Versuche an Thieren haben sogar gezeigt, dass wiederholte Aderlässe die Menge des Fibrins vermehren. Sigmund **Mayer** hat in seinen schon früher erwähnten Versuchen dies wiederum bestätigt gefunden; er hat bei Hunden durch periodische Aderlässe die Menge des Fibrins aufs Doppelte und mehr vermehren können,

Es ist aber überhaupt im hohen Grade zweifelhaft, ob diese anomale Zusammensetzung des Blutes der Krankheit vorhergeht, denn es ist ja den Leuten nicht zur Ader gelassen worden, ehe sie die Pneumonie oder Pleuritis bekamen; es wusste ja Niemand vorher, ob sie eine Pneumonie oder Pleuritis bekommen würden: das Blut wurde immer nur dann genommen, wenn die Individuen bereits von der Pneumonie oder Pleuritis befallen waren, und es erwächst deshalb der Verdacht, dass die anomale Zusammensetzung des Blutes nicht, wie die alten Humoralpathologen glaubten, Ursache, sondern Folge der Krankheit sei. Wenn wir den Entzündungsprocess näher verfolgen, so werden wir finden, dass in ihm Blutkörperchen in den Gefässen zusammengedrängt werden, und dass, wenn die Entzündung einen gewissen Grad erreicht hat, diese Blutkörperchen

in der entzündeten Provinz in Masse zu Grunde gehen. Das würde also an und für sich schon eine Ursache sein für die Verminderung der rothen Blutkörperchen. Weniger Bestimmtes können wir über die Ursache der Fibrinvermehrung aussagen, es existiren aber bereits ältere Versuche, welche zu der Vermuthung Veranlassung geben, dass, wenn Blutkörperchen innerhalb des Organismus zerstört werden, dadurch die Menge des Fibrins, welche ausgeschieden wird, vermehrt wird. Wir können auf diese Versuche hier nicht näher eingehen, weil sie noch zu keinem spruchreifen Resultate geführt haben, da eben die Fibrinmengen bei verschiedenen Individuen derselben Species so sehr schwanken, und durch äussere Eingriffe so leicht verändert werden, dass es immer Schwierigkeit hat zu sagen, ob durch irgend welche mit einem äusseren Eingriffe verbundene Procedur abgesehen von dem Eingriffe die Fibrinmenge vermehrt wurde. Nur so viel lässt sich bis jetzt mit Sicherheit aussagen, dass sich auch in den über den Gerinnungsprocess und die Fibrinbildung überhaupt gemachten Beobachtungen und Versuchen manche Anhaltspunkte für die Wahrscheinlichkeit einer Vermehrung des Fibrins auf diesem Wege finden.

Dem Blute in Entzündungskrankheiten hat man das sogenannte dissolute Blut entgegengesetzt und als Charakter für dasselbe aufgeführt, dass die Menge der Blutkörperchen vermehrt und die des Fibrins vermindert ist. Man hat dieses Blut der sogenannten haemorrhagischen Krase zugeschrieben. Die charakteristischen äusseren Eigenschaften eines solchen an Blutkörperchen sehr reichen und an Fibrin sehr armen Blutes sind, dass es im Allgemeinen schnell gerinnt, dass es aber einen wenig compacten Blutkuchen bildet, so dass man denselben mit Leichtigkeit mit dem Finger nach allen Seiten zerreissen kann, dass der Blutkuchen sich ferner wenig contrahirt, eben weil eine verhältnissmässig geringe Menge von Fibrin darin enthalten ist, und dass er nicht, wie das entzündliche Blut und auch wie das normale Blut, ein wenig gefärbtes, sondern ein durch viel Blutkörperchen tingirtes Serum und zwar in spärlicher Menge ausstösst; in spärlicher Menge, weil er sich überhaupt wenig zusammenzieht, und ein mit viel Blutkörperchen tingirtes Serum deshalb, weil die geringe Menge von Fibrin nicht im Stande ist, die Blutkörperchen gehörig im Blutkuchen zusammenzuhalten.

Ausserdem unterscheidet man anomal zusammengesetztes Blut, je nachdem die Menge des Wassers vermehrt oder vermindert ist. Es wird dabei die Menge des Wassers relativ zu der Menge der Eiweisskörper und der der Blutkörperchen genommen. Man kann das Wasser nicht in Gegensatz zu den Salzen setzen, weil häufig bei der Vermehrung des Wassers auch die Salze vermehrt sind. Man unterscheidet die sogenannte Hydraemie, das heisst den Zustand, bei dem die Menge des Wassers relativ vermehrt ist. Er entsteht dann, wenn der Organismus Verluste an Eiweisssubstanzen erleidet, die er nicht wieder ersetzt. Sie kann entstehen, wenn Eiweiss mit dem Urin fortgeht, sie kann entstehen bei profusen Eiterungen, sie kann aber endlich auch bei schlechter Ernährung entstehen, wenn eben der normale Verbrauch der Eiweisskörper durch die Eiweisskörper, welche in der Nahrung genommen werden, nicht gedeckt wird. Der entgegengesetzte Zustand, die Verarmung des Blutes an Wasser, die Anhydraemie kann nur nach plötzlichen grossen Verlusten an Wasser eintreten, weil sonst das Wasser im Blute ja immer mit Leichtigkeit

wieder ersetzt wird. Dergleichen plötzliche grosse Wasserverluste können durch profuse Stuhlentleerungen herbeigeführt werden, wie sie in der asiatischen Cholera stattfinden und das Blut in der asiatischen Cholera ist es, welches man als Prototyp des anhydraemischen Blutes aufgestellt hat.

Es kann ferner die Menge des Haemoglobins vermindert sein, ohne dass deswegen die Menge der rothen Blutkörperchen vermindert ist. Die Menge des Haemoglobins ist dann so vermindert, dass in jedem einzelnen rothen Blutkörperchen weniger Haemoglobin enthalten ist als in dem normalen Blute. Dies ist, wie wir oben gesehen haben, in der Chlorose der Fall.

Es kann ferner die Menge der rothen und der weissen Blutkörperchen verändert sein, und zwar so, dass, während für gewöhnlich nur wenig weisse Blutkörperchen unter einer grossen Menge von rothen gefunden werden, nun die Menge der weissen Blutkörperchen so zunimmt, dass ihre Anzahl grösser ist, als die der rothen Blutkörperchen, und dass das Blut schon für das blosse Auge seine Farbe verändert hat. Dies ist der Zustand, welchen man mit dem Namen der Leukaemie oder des weissen Blutes bezeichnet. Wenn man dagegen von Melanaemie, von schwarzem Blute spricht, so versteht man darunter einen Zustand, bei dem sich ein schwärzliches Pigment im Blute angehäuft hat, welches theils in einzelnen Körnern, theils in zu Flocken vereinigten Körnermassen im Blute umherschwimmt. Es kann ferner das Blut dadurch anomal zusammengesetzt sein, dass Körper, die sonst nur in geringer Menge darin vorkommen, wie z. B. der Zucker, in grosser Masse darin angehäuft sind. Die Anhäufung des Zuckers bedingt eine anomale Blutzusammensetzung und eine Krankheit, welche man mit dem Namen des Diabetes mellitus bezeichnet. Sind die Bestandtheile der Galle im Blute angehäuft, so entsteht derjenige Zustand, welchen wir mit dem Namen Icterus bezeichnen. Es können sich auch Bestandtheile des Harns oder Zersetzungsproducte derselben im Blute anhäufen, dann entsteht der Zustand, welchen wir mit dem Namen der Uraemie bezeichnen, u. s. w. Wir können diese Dinge nicht weiter verfolgen, weil wir uns sonst ganz auf das Feld der Pathologie begeben würden, wir wollen uns nur noch die Frage vorlegen: Auf welche Weise kann man die Menge des Blutes ermitteln, und wie gross ist etwa die Menge des Blutes bei einem erwachsenen Menschen?

Die Menge des Blutes im lebenden Körper.

Die ältesten Versuche, die Menge des Blutes zu bestimmen, beschränkten sich darauf, dass man bei Hinrichtungen, bei Enthauptungen, das Blut auffing und sah, wie viel man sammeln konnte. Es ist klar, dass man hiebei nicht alles Blut bekam, indem immer ein Theil des Blutes in den Gefässen zurückblieb. Andererseits ist es klar, dass von dem Blute, welches man bekam, nicht alles solches Blut war, welches bereits in den Gefässen des lebenden Körpers circulirt hatte, denn, während das Blut ausfliesst, fliesst ja durch den Ductus thoracicus wieder Lymphe nach, die früher nicht Bestandtheil des Blutes war, und von der man einen Theil mitbekommt.

Dieselben Vorwürfe treffen in noch höherem Grade die Schätzungen, welche nach den Mengen von Blut gemacht worden sind, die man bei

schweren tödlichen Blutflüssen an Frauen zur Zeit der Entbindung angestellt hat. Man hat ferner vorgeschlagen, die Menge des Blutes nach der Menge der Injectionsmasse, mit der man die Arterien und Venen anfüllen kann, zu schätzen. Aber auch das kann zu keinem Resultate führen, denn einerseits gelingt es nur ausnahmsweise alle Gefässe gleichmässig anzufüllen, und wenn dies wirklich gelungen wäre, würde man in einen Theil des Gefässsystems viel mehr Injectionsmasse hineingepresst haben, als im Leben Blut in demselben fliesst, weil ja ein grosser Theil des Venensystems im Leben nur sehr unvollkommen mit Blut angefüllt ist.

Eine andere Methode, die Menge des Blutes zu schätzen, hat Valentin angegeben. Er entzieht einem Hunde eine Quantität Blut als Probe und bestimmt die Menge des Wassers und die der festen Bestandtheile desselben. Hierauf injicirt er dem Thiere eine Quantität Wasser und nimmt darauf eine zweite Probe, von der er auch die Menge des Wassers und die der festen Bestandtheile bestimmt. Sie sehen leicht ein, dass sich aus dem Grade der Verdünnung, welche das Blut erlitten hat, die Menge des Blutes berechnen lässt, vorausgesichtlich, dass ausser dem Wasser, das man eingespritzt hat, nichts in das Blutgefässsystem hineingekommen und auch nichts aus demselben herausgelangt ist. Diese Voraussetzung bewahrheitet sich aber nur in unvollkommener Weise, denn es geht ja fortwährend Blutplasma durch die Wandungen der Capillaren hindurch, und es fliesst fortwährend durch die grossen Lymphstämme Lymphe in das Blutgefässsystem hinein. Wenn man die zweite Probe unmittelbar, nachdem das Wasser injicirt worden war, nimmt, so hat man zu befürchten, dass das Wasser sich noch nicht vollständig mit dem ganzen Blute gemischt hatte, und, wenn man zu lange wartet, so hat man zu befürchten, dass die Concentration des Blutes sich schon wieder geändert hat, dadurch, dass fortwährend Plasma ausgeschieden wird, und fortwährend Lymphe nachströmt. Man weiss also hier nie genau denjenigen Zeitpunkt zu treffen, der den richtigsten Werth geben würde.

Am meisten Zutrauen schenkt man jetzt denjenigen Bestimmungen der Blutmenge, welche nach der Welker'schen Methode gemacht sind. Diese beruht darauf, dass eine Quantität Blut genommen wird, dass aus dieser durch systematische Verdünnung eine Probeflüssigkeit hergestellt und die Farbe derselben bestimmt wird, und dass man dann das ganze Thier, beziehungsweise die ganze Leiche, nachdem man so viel als möglich Blut genommen hat, zerreibt, mit Wasser auslaugt, und mit diesem und anderem weiter hinzugefügten Wasser das übrige Blut so weit verdünnt, bis es die gleiche Farbe mit der Probeflüssigkeit hat. Da man weiss, wie viel Blut man bei der Probe genommen und wie viel Wasser man hinzugefügt hat, so weiss man auch, wenn man die Menge des Wassers kennt, die man zum Verdünnen des ganzen Blutes gebraucht hat, wie viel die Masse des ganzen Blutes beträgt. Diese Versuche sind nun von Welker und von Bischoff mehrmals an Kinderleichen und an Leichen von Erwachsenen angestellt worden. Bischoff fand bei Erwachsenen 7,7, Welker bei Kindern 5,2 Blut auf 100 Theile Körpergewicht, so dass also ein Mensch von einem Körpergewicht von 143 Pfund 11 Pfund Blut haben würde. Die Fehlerquellen dieser Methode bestehen wesentlich darin, dass nicht alles Blut gleiche färbende Kraft, dass das Blut umsomehr färbende Kraft hat, je mehr Blutkörperchen es enthält, und ausserdem

will man gefunden haben, dass die färbende Kraft des arteriellen und des venösen Blutes nicht gleich sei. In der Leiche vertheilen sich die Blutkörperchen vermöge ihrer Schwere ganz anders, als sie im lebenden Blute vertheilt gewesen sind, man darf sich deshalb niemals begnügen, eine Blutprobe zu nehmen, sondern man muss die Blutprobe, aus welcher man seine Probeflüssigkeit machen will, aus mehreren kleineren Blutproben mischen, welche man aus verschiedenen Arterien und von verschiedenen Venen der Leiche gesammelt hat. Als passende Verdünnung des Blutes, um die Farbennuance gut zu beurtheilen, gibt Welker an, dass man einen Theil Blut mit 500 bis 1000 Theilen Wasser verdünnen soll.

Es ist klar, dass in den lebenden Menschen die Menge des Blutes je nach ihrer Körpergrösse und Constitution sehr verschieden sein muss, und wir können daher die Blutmenge, welche einem lebenden Individuum zukommt, nur sehr unvollkommen schätzen. Dennoch sprechen wir von Anaemie und von Plethora, wir sprechen von Individuen, welche zu wenig Blut haben, und sprechen von Individuen, welche zu viel Blut haben. Wir urtheilen hier nach äusseren Erscheinungen, nach bestimmten Symptomencomplexen. Wir kennen gewisse Erscheinungen, welche bei Individuen eintreten, die einmalige oder wiederholte Blutverluste erlitten haben, und die nicht im Stande waren, diese Blutverluste durch die Ernährung bald wieder zu ersetzen, wir wissen, dass dann bei ihnen eine Reihe von Erscheinungen auftritt, welche wir mit dem Namen der Erscheinungen der Anaemie bezeichnen. Wenn wir nun bei einem andern Menschen diese Reihe der Erscheinungen finden, so urtheilen wir, dass sie eben auch daher rühren, dass die Menge seines Blutes eine zu geringe sei. Andererseits sehen wir, dass ein junger kräftiger Mensch, nachdem ihm eine untere Extremität abgesetzt worden ist, später, nachdem er reconvalescent geworden, ein sehr blühendes Aussehen erlangt, dass er aber nach einiger Zeit anfängt über Beschwerden zu klagen, die er früher nicht gekannt hat. Wir urtheilen, dass dies daher kommt, dass die Summe der blutbereitenden Theile noch so gross ist wie früher, dass dagegen die Summe der blutverbrauchenden Theile nicht so gross ist als früher und dass deshalb die Menge des Blutes sich über dasjenige Verhältniss gesteigert hat, welches wir als das normale ansehen müssen. Wir finden bei einem Handwerker, der früher viel arbeitete, und vielleicht dabei nicht sehr viel gegessen hat, der nun reich geworden ist, jetzt, wo er wenig arbeitet, und dabei viel Nahrung zu sich nimmt, eine Reihe ähnlicher Erscheinungen, wie wir sie an dem Amputirten gefunden haben; wir ziehen daraus den Schluss, dass dieser Mensch, indem er sich sehr gut ernährt und wenig verbraucht, mehr Blut bilde, als ihm gut sei, und nennen wiederum diese Erscheinungen die Erscheinungen der Plethora.

Blutkreislauf.

Wie wird das Blut im Körper bewegt, wie wird es im Körper umhergetrieben, damit es Gelegenheit habe, die resorbirten Substanzen aus dem Darmkanale aufzunehmen, damit es in Berührung komme mit dem atmosphärischen Sauerstoffe, damit es durch die Nieren gehe, und die Auswurfstoffe ausscheide u. s. w.? — Wenn wir uns hiebei auf die Wir-

belthiere beschränken, so sehen wir nur auf der allerniedersten Stufe, nur beim Amphioxus lanceolatus, dass die Muskelcontractionen, welche die Bewegung vermitteln, diffus über das Gefässsystem vertheilt sind. Bei den übrigen Wirbelthieren finden wir locale Vorrichtungen, Pumpwerke, durch welche das Blut umhergetrieben wird, und diese Pumpwerke sind die Herzen. Denken wir uns die Blutbahn vorläufig als einen geschlossenen Schlauch, so ist zunächst eine locale Erweiterung dieses Schlauches nöthig, die mit Muskelfasern belegt ist. Sie soll sich zusammenziehen. Dann wird sie das Blut, wenn an beiden Seiten gleiche Widerstände sind, nach beiden Seiten hin austreiben. Damit das Blut circulire, ist es aber nöthig, dass dieser contractile Sack das Blut nur nach einer Seite hin austreibe, er muss also an der einen Seite mit einem Ventile versehen sein, das sich nach innen öffnet, nach aussen schliesst, und also dem Blute den Ausweg nach der einen Seite versperrt. Denken wir uns diesen Sack als Herzventrikel, so ist dieses Ventil im menschlichen Herzen durch die Valvula tricuspidalis und die Valvula bicuspidalis repräsentirt. Es ist dasjenige Ventil, welches das Herz hindert, sein Blut gegen die venöse Seite hin auszutreiben. Wenn das Herz sich zusammengezogen hat und wieder erschlafft, so würde ein Theil des Blutes wieder in das Herz zurückfliessen, es würde die Arbeit des Herzens zum Theil vergebens gemacht sein, wenn sich nicht an der anderen, der arteriellen Seite ein zweites Ventil befände, welches sich bei einer rückläufigen Bewegung des Blutes in den Schlagadern schliesst. Dieses zweite Ventil ist im Herzen des Menschen durch die Valvulae semilunares an der Wurzel der Aorta und an der Wurzel der Arteria pulmonalis repräsentirt.

Während der Ventrikel sich contrahirt, kann von den Venen kein Blut in ihn hineinfliessen; es würde also diese Zeit für die Anfüllung, für die Speisung des Herzens verloren gehen, wenn sich nicht vor dem Herzen ein Sack, eine Erweiterung des Venensystems befände, in der sich das Blut anhäufen kann, damit es nachher, wenn das Ventil sich wieder öffnet, um so rascher das Herz wieder anfülle. Dieser Sack ist im Herzen der Wirbelthiere durch die Vorhöfe repräsentirt. Sie wissen, dass sich dieselben contrahiren, und durch active Contraction ihr Blut in den Ventrikel ergiessen. Wenn sie sich aber contrahiren, werden sie das Blut auch nach rückwärts in die Venen hineintreiben, wenn sich hier nicht noch ein Ventil befindet, welches die Rückwärtsbewegung des Blutes gegen die Venen hindert. Ein solches Ventil findet sich nun auch in der That bei allen niederen Wirbelthieren in Gestalt eines Paars von halbmondförmigen Klappen, es findet sich bei den Fischen und bei den Amphibien, es findet sich in geringerer Ausbildung noch bei den Vögeln, und Spuren davon finden sich auch noch bei vielen Säugethieren: am meisten ist es, nach dem, was ich gesehen habe, beim Biber, Castor fiber, ausgebildet. Beim Menschen existirt dieses Ventil nicht mehr, und wir werden auch später den Grund einsehen, warum der Mensch hier kein Ventil mehr braucht, und dennoch keine Regurgitation in die Venen eintritt.

Wenn nun das Blut durch den Ventrikel in das Arteriensystem hin ausgestossen wird, so wird es zunächst stossweise bewegt. Wir finden aber bei den Fischen eine trommelartige Erweiterung des Truncus arteriosus, in welche das Blut bei der Systole, bei der Zusammenziehung des Ven-

trikels, hineingeht, sie ausdehnt und prall anfüllt. Der Sinn dieser Einrichtung ist leicht zu fassen. Dadurch, dass diese trommelartige Erweiterung, der Bulbus arteriosus, ausgedehnt wird, wird lebendige Kraft in Spannkraft umgesetzt: die lebendige Kraft, die sonst das Blut fortbewegt hätte, wird zur Ausdehnung dieses Stammes verbraucht. Zur Zeit nun, wo der Ventrikel erschlafft, setzt sich durch die Elasticität der Wand des Bulbus die Spannkraft wieder in lebendige Kraft um, das heisst der Bulbus sucht wieder auf sein früheres Volumen zurückzukehren und drückt dabei das Blut in die Arterien hinein. Es ist dies also eine Vorrichtung, durch welche gewissermassen ein Theil der Propulsionskraft des Herzens in Verwahrung genommen, aufgespeichert wird, um erst während der Diastole des Herzens wieder dienstbar zu werden. Es kommen auch complicirter gebaute Bulbi vor, bei denen die Wände ein Höhlensystem darstellen, welches mit einer mittleren Höhle communicirt: das ist z. B. der Fall bei den Cyprinoiden. Das ganze Höhlensystem der Wand füllt sich, wenn der Bulbus ausgedehnt wird, wie ein Schwamm mit Blut, und dieses Blut wird während der Diastole des Ventrikels durch die elastische Zusammenziehung des Bulbus wieder ausgetrieben.

Das Fischherz bietet uns ein Beispiel eines einfachen, aber in allen seinen Theilen vollständigen Herzens, mit einem Vorhofe, einem Ventrikel und einem Bulbus arteriosus, dann mit drei Ventilen, einem hinter dem Bulbus, einem hinter dem Ventrikel und einem hinter dem Vorhofe.

Solche elastische Bulbi arteriosi existiren nun bei allen gemeinen Knochenfischen. Bei den Haien, bei den Rochen, den Chimären, den Ganoiden, kurz bei den sogenannten Altfischen, Palaeichthyes, bei den Fischen, deren fossile Repräsentanten älter sind als die Kreideformation, ist die Einrichtung eine andere. Bei diesen ist der Bulbus arteriosus selbst mit Muskelfasern belegt, das Herz zieht sich zusammen, es erweitert den Bulbus arteriosus, dessen Muskelfasern zu dieser Zeit erschlafft sind: dann ziehen sich, während der Ventrikel erschlafft, die Muskelfasern des Bulbus arteriosus zusammen, die Semilunarklappen am arteriösen Ende des Ventrikels schliessen sich, und nun treibt der Bulbus seinerseits das Blut in den Arterien weiter. Der Unterschied besteht also darin, dass bei den gemeinen Knochenfischen alle Kraft vom Herzen im engeren Sinne des Wortes aufgebracht, und im Bulbus arteriosus durch die Elasticität desselben nur ein Theil dieser Kraft aufgespeichert wird, um während der Diastole des Herzens dienstbar zu werden, während bei den Altfischen thatsächlich ein Theil der Arbeitskraft, welche das Blut treibt, von dem muskulösen Bulbus arteriosus aufgebracht wird.

Auch bei den nackten Amphibien kommt noch ein muskulöser Bulbus arteriosus vor, aber er ist kleiner. Bei den beschuppten Amphibien ist er relativ noch kleiner. Bei den Amphibien tritt schon diejenige Einrichtung in den Vordergrund, welche wir bei den Säugethieren und beim Menschen finden, bei denen kein solcher Bulbus arteriosus existirt, sondern nur der allerdings in den Sinus Valsalvae etwas erweiterte Stamm der Aorta und der Stamm der Arteria pulmonalis. Bei den Säugethieren und beim Menschen ist die Function, die bei den Fischen der Bulbus arteriosus übernimmt, auf das ganze Arteriensystem vertheilt, das ganze Arteriensystem wird durch die hineingetriebene Blutwelle ausgedehnt, und während der Diastole zieht sich eben das ganze Arteriensystem langsam

wiederum zusammen, um das Blut fortzutreiben und durch die Capillaren hindurchzutreiben. Die Elasticität der Arterien hat also wesentlich den Nutzen, dass sie die Blutbewegung continuirlich macht, dass sie die stossweise durch das Herz gesetzte Bewegung für die Capillaren zum grössten Theile aufhebt. Ein Theil der lebendigen Kraft, welche durch die Contraction des Herzens aufgebracht ist, wird zur Ausdehnung des Arteriensystems verwendet und damit in Spannkraft umgewandelt. Während der Diastole der Ventrikel wird diese Spannkraft wiederum in lebendige Kraft umgesetzt, indem die Arterien sich vermöge ihrer Elasticität zusammenziehen und das Blut durch die Capillaren treiben. Bei den Fischen konnte die blosse Elasticität der Arterien nicht genügen, da hier beide Kreisläufe hinter einander liegen, und der Respirationskreislauf mit seinen zarten Capillaren fast unmittelbar am arteriellen Ende des Herzens. Bei den Amphibien liegen beide Kreisläufe neben einander und der Respirationskreislauf ist eine Zweigbahn des Körperkreislaufes. Hier begegnen wir aber schon zwei Vorhöfen und einem mehr oder weniger vollständig getheilten Ventrikel, der beide Kreisläufe aber mit ungleichen Arbeitskräften treibt, indem er in den kleinen Kreis nur während der ersten Hälfte der Systole Blut hineinpresst. Dies Blut ist ein Theil des Blutes, das venös aus dem Körper zurückkehrt, der andere Theil geht mit dem hellrothen, aus den Lungen zurückkehrenden Blute in die Körperarterien. Das Blut beider Kreisläufe kehrt in völlig gesonderte Vorhöfe und von da in den Ventrikel zurück. Bei den Krokodilen finden wir auch schon zwei vollständig von einander getrennte Ventrikel, wenn auch der rechte und linke Ventrikel des Krokodils nicht ganz dem rechten und linken Ventrikel der Vögel und der Säugethiere entsprechen.

Wenn wir nun zum Kreislauf der warmblütigen Thiere übergehen, so sehen wir hier zwei Herzen, die wir uns vollständig von einander getrennt denken können, und von denen das eine, das linke, den Körperkreislauf, und das andere, das rechte, den Lungenkreislauf treibt. Wenn man von einem grossen und kleinen Kreislauf spricht, drückt man sich im Grunde unrichtig aus, denn in keinem von beiden gelangt das Blut dahin zurück, von wo es ausgegangen ist. Beide Kreisläufe sind nur halbe Kreisläufe, die durch die beiden Herzen als Verbindungsstücke zu einem ganzen geschlossen sind.

Das Herz des Menschen.

Die Muskelfasern, welche die beiden Ventrikel des Herzens zur Austreibung des Blutes verengern, sind im höchsten Grade complicirt angeordnet. Caspar Friedrich Wolff und nach ihm Andere haben die Faserung, die Anordnung der Bündel näher zu erforschen gesucht, in neuerer Zeit mit dem meisten Erfolge C. Ludwig, und in allerneuester Zeit hat Pettygrew eine ausgedehnte Untersuchung namentlich über das Herz des Schafes und vieler anderer Thiere und auch des Menschen in den Abhandlungen der Royal Society niedergelegt. Ehe wir uns aber mit der Faserung der Herzmuskulatur als solcher beschäftigen können, müssen wir die Elemente, aus denen diese Muskulatur besteht, näher kennen lernen. Ich muss hier vorwegnehmen, dass es zwei wesentlich verschiedene Arten von Muskelfasern gibt, sogenannte quergestreifte und

sogenannte glatte oder schlichte Muskelfasern, auch contractile Faserzellen genannt. Diese beiden Arten sind bei den höheren Wirbelthieren vollständig von einander getrennt, so dass es keine Uebergangsstufen zwischen ihnen gibt. Die Uebergangsstufen finden sich zuerst bei den Fischen und dann in mehreren Abtheilungen der wirbellosen Thiere.

Die glatten Muskelfasern oder die contractilen Faserzellen sind kürzere oder längere spindelförmige, seitlich durch gegenseitigen Druck mehr oder weniger abgeflachte Elemente, an denen man, abgesehen von einem in der Mitte liegenden Kerne, der immer eine längliche Gestalt hat, keine weitere Structur mehr erkennt. Die quergestreiften Muskelfasern sind im Allgemeinen cylindrische oder prismatische, strangförmige Gebilde, an denen schon bei schwacher Vergrösserung eine Querstreifung auffällt, von welcher sie eben den Namen der quergestreiften Muskelfasern führen. Diese Muskelfasern bestehen aus einer dünnen glashellen Scheide, die man Sarkolemma nennt, und aus dem contractilen Inhalte. Die Querstreifung rührt nicht her von einer Faltung der Scheide, sondern von der Beschaffenheit des contractilen Inhaltes. Wenn Sie eine solche Muskelfaser in sehr verdünnte Chlorwasserstoffsäure, eine solche, die nur 1 Gramm *ClH* im Liter Flüssigkeit enthält, legen, so zerfällt sie in lauter quere Stücke, und die Stellen, an denen sie sich der Quere nach spaltet, entsprechen den Querstreifen. Es liegen also hier abwechselnd neben einander zwei verschiedene Substanzen, von denen die eine sich in verdünnter Salzsäure schon löst, während die andere nur erst aufquillt. Diese Scheiben, in welche die Muskelfasern auf diese Weise zerfallen, heissen Bowman'sche Scheiben oder Bowman's disks, weil Bowman sie zuerst als solche beschrieben hat. Wenn Sie eine Muskelfaser statt in verdünnter Salzsäure, in sehr verdünntem Alkohol maceriren, so zerfällt sie nicht der Quere nach in Scheiben, sondern der Länge nach in lauter dünne Fäserchen, welche man mit dem Namen der Muskelfibrillen bezeichnet. Also auch in der Quere sind die Substanzen verschieden, so dass eine Substanz vorhanden ist, welche der Maceration länger widersteht, und eine Substanz vorhanden ist, die der Maceration weniger widersteht. Nun denken Sie sich, dass der Muskel gleichzeitig der Länge und Quere nach zerfiele, so wird er in lauter prismatische Stücke, in lauter kleine Säulchen zerfallen, und diese kleine Säulchen bezeichnet man mit dem Namen der Sarcous elements. Man hat diesen Namen auch in's Deutsche mit Fleischtheilchen übersetzt, welcher Ausdruck aber leichter zu Missverständnissen Veranlassung geben kann. Die Muskelfibrille besteht also aus Sarcous elements, die der Länge nach mit einander in einfacher Reihe verbunden sind, die Bowman'schen Scheiben bestehen aus Sarcous elements, die der Quere nach mit einander verbunden sind. Die Querstreifung, welche man auf den Muskeln sieht, rührt daher, dass die Substanz, aus welcher die Sarcous elements bestehen, einen höheren Brechungsindex hat, als die Substanz, welche zwischen je zwei Bowman'schen Scheiben liegt. Dies macht, dass das Licht nicht allein in beiden verschiedene Brechung erleidet, sondern auch im Innern der Fasern Reflexionen entstehen, wie sie ja überall da entstehen, wo Licht aus einem dichteren in ein dünneres, oder aus einem dünneren in ein dichteres Medium übergehen soll. Wenn man unter dem Polarisationsmikroskope eine solche Muskelfaser untersucht, so findet man, dass die

Sarcous elements doppeltbrechend sind, die Zwischensubstanz aber nicht. Man unterscheidet also die doppeltbrechende Substanz der Sarcous elements und eine isotrope Zwischensubstanz einerseits zwischen den Fibrillen der Länge nach angeordnet und andererseits zwischen den Bowman'schen Scheiben der Quere nach angeordnet.

Aus quergestreiften Muskelfasern bestehen im Allgemeinen diejenigen Muskeln, welche der Willkür unterworfen sind, aus den glatten oder organischen Muskelfasern, aus den contractilen Faserzellen, bestehen diejenigen Muskeln, welche der Willkür nicht unterworfen sind: aber das Herz macht eine Ausnahme, indem es aus quergestreiften Muskelfasern besteht. Die quergestreiften Muskelfasern des Herzens sind etwas verschieden von denen der Skeletmuskeln. Die einzelnen Fasern sind dünner, und während die der Skeletmuskeln in der Regel, wenn auch keineswegs immer, unverzweigt sind, sind die des Herzens nicht nur reichlich verzweigt, sondern auch netzartig unter einander verbunden. Endlich sind die Kerne, welche sich in jeder quergestreiften Muskelfaser finden, bei den Herzmuskelfasern anders gelagert, als bei den Skeletmuskelfasern. Bei den letzteren liegen sie bei Säugethieren und Menschen in der Regel unmittelbar unter dem Sarkolemma, während sie bei den Herzmuskelfasern innerhalb der contractilen Substanz, meist ganz in der Mitte derselben liegen.

Auf mikroskopischen Querschnitten kann man deshalb Herzmuskelfleisch und Fleisch von Skeletmuskeln leicht unterscheiden, erstens an der Grösse der Querschnitte, und zweitens dadurch, dass bei dem einen die Kerne centrisch, bei dem anderen peripherisch, das heisst aussen an der contractilen Substanz liegen. Dasjenige, was ich Ihnen über die Faserung mitzutheilen habe, entnehme ich im Wesentlichen den Untersuchungen von Ludwig. Das Herz ist ein einheitlicher Muskel. Da das eine Herz den Körperkreislauf, und das andere Herz den Lungenkreislauf treibt, so könnte man auf die Idee kommen, dass es eigentlich zwei Herzen seien, die neben einander gelegt und nur äusserlich durch eine Muskelbinde zusammenhalten oder nachträglich mit ihren Wänden verwachsen sind. Ist ja das Herz des Dugong (Halicore), eines pflanzenfressenden Walthiers, sogar äusserlich getheilt, von unten her tief eingeschnitten, so dass zwei Herzspitzen existiren, eine, die dem rechten, und eine andere, die dem linken Ventrikel angehört. Aber das Herz ist im Embryo vom Hause aus einfach, die Scheidewand bildet sich erst später, und in allen Entwicklungsperioden gehen grosse Massen von Muskelfasern aus der Wand des einen Ventrikels in die des andern über.

Ein zweiter Hauptsatz sagt über die Faserung aus, dass, wenn man die Herzwand an irgend einer Stelle durchgräbt, man nacheinander auf Muskelfasern kommt, die in allen möglichen Richtungen liegen, z. B. erst senkrecht, dann schräg, dann quer u. s. w., oder erst quer, dann schräg, dann senkrecht u. s. w.

Drittens: Wenn man, von der Oberfläche anfangend, einem Muskelbündel in seinem ganzen Verlaufe folgt, so bleibt man nicht an der Oberfläche, sondern man gelangt in das Innere des Herzfleisches hinein und kommt an der einen oder andern Stelle der inneren Oberfläche wieder heraus. Zur Herzaxe, wenn ich mir als solche eine Linie von der Spitze zur Mitte der Basis denke, quer verlaufende Muskelfasern gehen in die

Tiefe des Herzfleisches, dann in die Scheidewand hinein und kommen im andern Herzen irgendwo an der inneren Oberfläche zum Vorschein. Zur Herzaxe der Länge nach verlaufende Fasern treten, wenn man ihnen an der Oberfläche gegen die Herzspitze folgt, hier in die Tiefe und gelangen zur inneren Oberfläche, um dort zu endigen. Indem sie sich hierbei zwischen andern, die von einer andern Seite kommend einen ähnlichen Weg machen, hindurchschieben, entsteht der Herzwirbel.

Ein vierter Satz endlich sagt aus, dass es im Herzen keine inneren Sehnen gibt, das heisst, es gibt im Herzen keine bindegewebigen oder fibrösen Massen, in welchen die Muskelfasern in Masse endigen. Die eigentlichen Ursprünge, beziehungsweise Endigungen, sind immer einerseits an den Ostien, und andererseits an der inneren Oberfläche des Herzens, speciell in den Papillarmuskeln, und an anderen Stellen, von welchen Sehnenfäden zu den Klappen gehen.

Obgleich es nun keine inneren Sehnen, kein compactes Bindegewebe oder fibröses Gewebe im Herzfleische gibt, so ist doch das ganze Herzfleisch mit Bindegewebe durchzogen, welches zwischen den einzelnen Muskelbündeln liegt. Mit diesem Bindegewebe verlaufen überall die Gefässe, wie dies ja überhaupt in allen Organen der Fall ist, wo immer ein feines Stroma von Bindegewebe, sogenanntes interstitielles Bindegewebe, zwischen den wesentlichen Theilen der Organe hindurchgeht und gewissermassen als Grundlage für die sich im Innern der Organe verbreitenden Gefässe dient. Dieses Bindegewebe geht nun nach aussen in eine compacte Platte über, welche auch mit elastischen Fasern reichlich versehen ist, in das sogenannte Pericardium, oder vielmehr das sogenannte viscerale Blatt des Pericardiums, und nach innen geht es in eine gleichfalls compacte, aber schwächere Platte über, welche die innere Oberfläche des Herzens bekleidet und den Namen des Endocardiums führt. Um diese Bildungen besser zu verstehen, müssen wir einen kurzen Blick auf das Bindegewebe überhaupt werfen.

Das Bindegewebe.

Mit dem Namen Bindegewebe im weiteren Sinne des Wortes und mit dem Namen leimgebendes Gewebe bezeichnet man drei Formationen, das sogenannte gemeine Bindegewebe, das fibröse Gewebe und die organische Grundlage der Knochen. Alle drei haben das mit einander gemein, dass sie beim Kochen Leim geben, eine Substanz, die dem Gewichte nach in Hunderttheilen zusammengesetzt ist aus

50,0 Kohlenstoff,
6,5 Wasserstoff,
17,5 Stickstoff,
26,0 Sauerstoff,

(1 pro mille) Schwefel und Aschenbestandtheilen, sich in warmem Wasser löst, in concentrirter Lösung beim Erkalten gelatinirt, von Tannin, aber weder von Blutlaugensalz noch von basischem oder normalem essigsaurem Blei gefällt wird und sich von einer ähnlichen aber stickstoffärmeren durch Kochen von Knorpeln erhaltenen Substanz, dem Chondrin, dadurch unterscheidet, dass sie nicht wie die letztere von Säuren gefällt wird, und dass sie bei der Zersetzung durch Schwefelsäure Leucin und

Glycocoll, sogenanntes Leimsüss, fälschlich Leimzucker, gibt, während man aus dem Chondrin auf demselben Wege zwar Leucin aber kein Glycocoll erhalten hat.

Histologisch besteht gemeines Bindegewebe aus Fasern, die unter sich zu Bündeln vereinigt sind, wellenförmig oder korkzieherförmig verlaufen, in Essigsäure, in verdünnter Salzsäure, in Weinsäure, in Oxalsäure und ebenso in verdünnter Natron- oder Kalilauge glasartig durchsichtig werden. Ausserdem enthält es eine Menge zelliger mit Fortsätzen versehener Elemente, welche aus einem Kerne und einer meist geringen Menge von Protoplasma bestehen, und den Namen der Bindegewebskörperchen führen. Sie sind in die faserige Substanz eingelagert und von ihr meist verdeckt, so dass sie erst in grösserer Menge zu Tage treten, wenn man die letztere mittelst Essigsäure durchsichtig macht. Ueber das Verhältniss dieser beiden Formelemente zu einander ist man lange uneinig gewesen. Die Einen waren der Ansicht, dass die faserigen Elemente durch Zerklüftung aus einer ursprünglich homogenen, zwischen den Bindegewebskörpern eingelagerten Zwischensubstanz entstünden. Ja, man ging so weit, die faserige Natur des Bindegewebes gänzlich zu läugnen, zu behaupten, dass das, was wir Bindegewebsfasern nennen, als solches gar nicht fertig gebildet im Bindegewebe existire, sondern erst bei der Präparation durch Zerrung und Spaltung hervorgebracht werde; es seien die scheinbaren Fasern zum Theil nicht Fasern, sondern Falten, die man im Bindegewebe hervorgebracht habe, in anderen Fällen seien es künstliche Spaltungsproducte u. s. w. Diese Ansicht ist zuerst vollständig durch Rollet widerlegt worden. Er zeigte dass man gar keine mechanische Präparation brauche, um die Bindegewebsfasern darzustellen, dass man sie so zu sagen auf chemischem Wege darstellen kann, wenn man das Bindegewebe in Kalkwasser oder Barytwasser macerirt. Es wird dabei eine Kittsubstanz ausgezogen, welche die Fasern untereinander zusammenklebte, und welche theils aus Eiweisskörpern, theils aus einer ähnlichen Substanz zu bestehen scheint, wie sie im Schleim der Schleimdrüsen unter dem Namen Mucin vorkommt. Wenn Sie eine ganz frische Sehne zu zerfasern suchen, die unmittelbar aus dem lebenden Körper genommen wurde, so werden Sie finden, dass dies verhältnissmässig leicht von statten geht, Sie werden aber finden, dass nach 24 oder 48 Stunden die Zerfaserung schwerer gelingt, indem offenbar die Kittsubstanz nach dem Tode fester wird, als sie im Leben war. Wenn Sie aber die Sehne dann in Kalkwasser oder Barytwasser hineinlegen, wird diese Kittsubstanz zuletzt ganz aufgelöst, und Sie können die Sehne jetzt durch blosses Schütteln in eine Fasermasse verwandeln und in jedem Stücke, das Sie unter das Mikroskop legen, die Fasern mit Leichtigkeit nachweisen. Auf dieser Einwirkung des Kalkwassers auf die Kittsubstanz beruht beiläufig gesagt in der Technik der Gärber das Kalken der Häute, indem eben durch das Ausziehen dieser Kittsubstanz die einzelnen Bindegewebsbündel und Fasern gegen einander verschiebbar werden, wodurch es allein möglich wird, dem Leder die hinreichende Geschmeidigkeit zu geben.

Ich bin aber auch der Ansicht, dass die faserige Substanz des Bindegewebes nicht nur wirklich faserig ist, sondern auch, dass sie gar nicht durch Zerklüftung einer ursprünglich homogenen Zwischensubstanz entsteht, vielmehr aus zelligen Elementen hervorgeht. Die Zwischensub-

stanz, welche für das eigentliche Materiale, aus dem die Fasern werden sollten, imponirt hat, ist, wie wir später noch sehen werden, eine Flüssigkeit, und die Fasern selbst gehen beim Embryo aus den Fortsätzen der embryonalen Zellen hervor, aus denen die Anlage des Bindegewebes entsteht. Später entstehen immer neue Generationen, die immer neue Fasern als Fortsätze treiben; die Fortsätze gehen, wie sie sich bilden, eine Umwandlung ein, die, wie es scheint, an der Oberfläche beginnt, und vermöge welcher sie in leimgebendes Gewebe umgestaltet werden und nun als solches weiter wachsen. Dass man später im erwachsenen Menschen nur noch eine geringe Menge von zelligen Elementen und der Masse nach ein grosses Uebergewicht der Fasern beobachtet, das beruht möglicher Weise darauf, dass ein Theil der zelligen Elemente, wenn die Fasern einmal gebildet sind, zu Grunde geht, möglicher Weise aber auch darauf, dass die Fasern ausserordentlich lang werden, und deshalb zu den einzelnen Kernen, die den einzelnen zelligen Elementen entsprechen, sehr lange Fasern gehören. Ursprünglich im embryonalen Bindegewebe sind die Fortsätze sehr zahlreich und nach allen Seiten hin ausgestreckt und vielfach verzweigt: später kommen aber Generationen von Zellen, welche ihre Fortsätze nur nach zwei Seiten oder nach einer Seite hin ausstrecken, und deren Fortsätze zugleich ausserordentlich lang werden, und diese sind es, welche die Bindegewebsbündel im erwachsenen Menschen zusammensetzen.

Alles, was ich soeben über das gemeine Bindegewebe gesagt habe, können Sie ohne weiteres auch auf das fibröse Gewebe anwenden, nur sind die Fasern des fibrösen Gewebes, die Fibrillen desselben, noch feiner als die des gemeinen Bindegewebes und liegen weniger wellenförmig oder korkzieherförmig, mehr gestreckt neben einander. Ausserdem zeigen gemeines Bindegewebe und fibröses Gewebe beim Maceriren in Kalkwasser einen auffallenden Unterschied. Bei der Maceration zerfällt das gemeine Bindegewebe immer erst zu Bündeln, und erst bei längerer Maceration zerfallen diese Faserbündel, die einen bestimmten Durchmesser haben und offenbar präformirte Abtheilungen sind, wiederum in die eigentlichen Fibrillen. Das fibröse Gewebe dagegen zerfällt beim Maceriren direct in seine letzten morphologischen Elemente.

Aus gemeinem Bindegewebe besteht alles interstitielle Bindegewebe im Innern der Organe, ferner das Corium und das ganze subcutane Bindegewebe, dann das submucöse Bindegewebe und alles dasjenige, in welches die Organe im Körper eingebettet sind. Aus fibrösem Gewebe bestehen dagegen zunächst die Sehnen, zweitens die Aponeurosen und Fascien, die Zwischenknochenbänder, das Periost, die Dura mater und die Sclerotica mit der fibrösen Scheide des Nervus opticus.

Die dritte Abtheilung der Bindegewebsgruppe bildet die organische Grundlage der Knochen. Die Knochen geben beim Kochen Leim, während die Knorpel, wenn man sie kocht, eine vom Leim verschiedene, aber auch gelatinirende Substanz, das Chondrin, geben. Der fertige Knochen besteht, wie wir dies später ausführlich sehen werden, nicht aus ossificirtem Knorpel, sondern aus einer neuen, leimgebenden Formation, welche die Grundlage des sogenannten secundären Knochens bildet, und welche wir von der sogenannten Knochenerde, bestehend aus normalem dreibasisch phosphorsaurem Kalk, etwas normaler dreibasisch phosphorsaurer

Bittererde, kohlensaurem Kalk und Fluor in noch räthselhafter Verbindung, befreien können, wenn wir sie mit verdünnten Säuren ausziehen. Es bleibt dann eine organische Grundlage zurück, welche beim Kochen Leim gibt, und die eben der Bindegewebsgruppe angehört. Sie entsteht ebenfalls ursprünglich aus Zellen. Diese Zellen wachsen in die Länge, werden spindelförmig und treiben Fortsätze nach entgegengesetzten Richtungen aus, von denen gewöhnlich der eine viel länger ist als der andere; dann aber kommt es zu keiner wirklichen Faserbildung, sondern sie verschmelzen äusserlich mit einander und bilden so eine Grundlage, in welcher sich die Kalksalze ablagern, und in welcher die Verknöcherung eintritt.

Das zarte Bindegewebe, welches im Innern zwischen den Muskelfasern des Herzens liegt, geht nach aussen, wie gesagt, in eine Lage compacten Bindegewebes über, welches hier den Herzbeutel bildet, und nach innen liegt gleichfalls eine Lage compacten Bindegewebes, welches das Endocardium bildet. Beide sind unterstützt und verstärkt durch elastische Fasern, welche theils vereinzelt im Bindegewebe verlaufen, theils Netze bilden, die sowohl im Pericardium als im Endocardium unter der Oberfläche liegen. Was sind elastische Fasern?

Elastische Fasern.

Elastische Fasern nennen wir eine Art von Fasern, die durch ihr Aussehen und durch ihr Verhalten gegen Reagentien charakterisirt ist. Sie unterscheiden sich vom Bindegewebe und von organischen Muskelfasern durch ihren höheren Brechungsindex, dem sie ihre starken, dunkeln Contouren verdanken, und durch ihre grosse Widerstandsfähigkeit gegen Reagentien. Man kann sie mit verdünnten Säuren oder Alkalien behandeln, man kann sie kochen, ohne dass sie sich sofort auflösen. Sie widerstehen auch der Verdauung so weit, dass sie mit den Fäces in äusserlich unveränderter Gestalt abgehen. Sie quellen in verdünnten Säuren und Alkalien auch nicht auf, und darauf beruht unsere Methode, sie sichtbar zu machen, wenn sie im Bindegewebe verlaufen. Wir setzen zu unsern mikroskopischen Präparaten Essigsäure oder eine verdünnte Kali- oder Natronlösung. Diese Agentien machen sowohl die organischen Muskelfasern, als auch das Bindegewebe aufquellen, glasartig durchsichtig: die elastischen Fasern behalten aber vollkommen ihren scharfen Contour und treten nun, da alles übrige theils verschwunden, theils undeutlich ist, zu Tage. Wir sehen sie im Bindegewebe gewöhnlich so verlaufen, dass sie die Bindegewebsbündel korkzieherförmig umgeben, oder sie sind zu zusammenhängenden Netzen miteinander vereinigt, die so entstehen, dass sich die Fasern verzweigen und netzartig mit einander verbinden. Die elastischen Eigenschaften dieser Fasern zeigen sich da, wo man sie aus der Verbindung reisst. Wo dies geschieht, rollen sich diejenigen Fasern, die ursprünglich Hobeltouren gebildet haben, wiederum in Hobeltouren auf, indem sie in ihre frühere Gleichgewichtsfigur zurückkehren, und Fasern, die Bestandtheile von Netzen gebildet haben, sieht man oft sich hakenförmig krümmen. Die Elasticität der Netze zeigt sich darin, dass wenn man einen Zug in einer bestimmten Richtung ausübt und die Maschen in einer bestimmten Richtung zerrt, die Fasern später, wenn der Zug

nachgelassen hat, wiederum in ihre ursprüngliche Gleichgewichtslage zurückkehren, die Maschen ihre ursprüngliche Form annehmen. Solche Netze von elastischen Fasern kommen nun nicht allein im Pericardium und im Endocardium, sondern ganz allgemein in den serösen Häuten vor. Da, wo die elastischen Fasern, wie dies im Ligamentum nuchae des Rindes und bei den gelben Bändern der Wirbelsäule der Fall ist, in compacter Masse vorkommen, zeichnen sie sich schon durch ihre gelbe Farbe aus. Die Ligamenta flava der Wirbelsäule haben ihren Namen davon, dass sie wegen der Menge von elastischen Fasern gelb gefärbt sind. Reines elastisches Gewebe gibt es übrigens nirgendswo, auch die Ligamenta flava, auch das Ligamentum nuchae des Rindes enthalten neben den elastischen Fasern einen Antheil von Bindegewebe, und wir werden später sehen, dass das Bindegewebe früher da ist, dass diese Gebilde ursprünglich bindegewebig sind, und dass erst später die elastischen Fasern darin entstehen.

Bei der Zersetzung mittelst Schwefelsäure gibt das elastische Gewebe Leucin.

Epithelien und Endothelien.

Sowohl das Pericardium als das Endocardium sind von einem Epithel und zwar von einem einfachen Pflaster- oder Plattenepithel überzogen. Unter Epithel im Allgemeinen verstehen wir Zellenlagen, welche irgend eine äussere oder innere Oberfläche überkleiden. Gehört die Auskleidung einem inneren Hohlraume an, so bezeichnet man sie auch wohl als Endothel, namentlich wird diese Benennung auf das Epithel angewendet, welches die Gefässe auskleidet, von Anderen auch auf alle Epithelien, welche nicht aus dem sogenannten Hornblatte und nicht aus dem sogenannten Schleimblatte des Embryo entstehen. Das Epithelium der äusseren Haut, dessen oberflächliche Schichten an der atmosphärischen Luft austrocknen, nennen wir Epidermis. Die Epithelien theilen wir wieder ein nach der Gestalt der Zellen, aus denen sie zusammengesetzt sind, und zwar unterscheiden wir zwei Hauptformen, sogenannte Pflasterepithelien und Cylinderepithelien. Die Pflasterepithelien haben ihren Namen davon bekommen, dass, wenn man von oben auf sie sieht, sich Felder neben einander zeigen, die in ähnlicher Weise gegen einander abgegrenzt sind, wie die Steine eines Strassenpflasters. Man nennt Pflasterepithelien solche Epithelien, deren Zellen niedrig, flach sind, bei denen die horizontalen Durchmesser den senkrechten übertreffen. Epithelien, deren Zellen sehr flach sind, die Form eines dünnen Plättchens haben, nennt man auch Plattenepithelien.

Diejenigen Epithelien, deren Zellen mehr hoch als breit sind, bei denen also der senkrechte Durchmesser überwiegt, nennen wir Cylinderepithelien. Man muss nicht voraussetzen, dass in denjenigen Epithelien, die wir Cylinderepithelien nennen, die Zellen immer cylindrisch sind; ja man kann sogar sagen, sie sind niemals cylindrisch. Wenn wir annehmen, dass sie oben und unten gleich breit sind und, wie dies immer der Fall ist, gedrängt neben einander stehen, so können sie nicht Cylinder sein, weil sie sich gegenseitig abplatten; es sind Prismen, in der Regel sechseckige. In andern Fällen spitzen sie sich gegen die Basis zu und

laufen in einen stielartigen Fortsatz aus, so dass sie neben einander stehen, wie eine Reihe von Champagnergläsern, an denen Sie sich unten die Basalscheibe abgeschlagen oder verkleinert denken müssen. Auch solche Epithelien heissen Cylinderepithelien, weil ihr Höhendurchmesser den Breitendurchmesser überwiegt.

Epithelien, bei denen der Höhendurchmesser dem Breitendurchmesser gleich ist, nennt man cubische Epithelien, auch uneigentlicher Weise, weil die Zellen niemals Cuben sind, sondern sechskantige Prismen, die neben einander stehen, und deren Höhe ihrem Querdurchmesser näherungsweise gleich ist.

Der zweite Eintheilungsgrund für die Epithelien ist die Schichtung. Man unterscheidet einfaches und geschichtetes Epithel, also auch wiederum einfaches Pflasterepithel und geschichtetes Pflasterepithel, und einfaches Cylinderepithel und geschichtetes Cylinderepithel. Bei den geschichteten Cylinderepithelien bestehen aber keineswegs alle Schichten aus Cylinderzellen, sondern immer nur die oberste. Ihre Zellen, die stets kelchförmig sind, haben Fortsätze, mit denen sie in der Tiefe auf dem unterliegenden Gewebe wurzeln, während die Zwischenräume zwischen ihnen von anderen gleichfalls länglichen und gleichfalls in der Tiefe wurzelnden, aber meist sehr unregelmässig gestalteten Zellen ausgefüllt sind, die so die tieferen Schichten bilden. Es ist also hier für die Bezeichnung des Epithels nur die oberste Schicht massgebend und ebenso verhält es sich auch bei den geschichteten Pflasterepithelien. Je mehr man hier in die Tiefe kommt, um so mehr werden die Zellen unregelmässig polyedrisch und zu allerunterst liegt bei den geschichteten Pflasterepithelien stets eine Schicht, deren Zellen entschieden höher als breit sind, so dass man diese, wenn man sie isolirt betrachtet, als eine Schicht von Cylinderzellen ansprechen muss.

Das Epithel, welches auf dem Pericardium liegt, ist ein einfaches, ungeschichtetes Plattenepithel und ebenso auch das Epithelium des Endocardiums. Es ist dies ein gemeinsamer Charakter, der erstens zukommt allen serösen Häuten, und zweitens dem Innern von allen Gefässwänden. Alle serösen Häute, alle Blutgefässe und alle Lymphgefässe haben an ihrer inneren Oberfläche ein ungeschichtetes Pflasterepithel.

Die Herzklappen.

Wir gehen zu den Ventilen des Herzens, zu den Klappen über. Wir haben zwei Arten von Ventilen kennen gelernt, die einen, welche am arteriösen Ende des Ventrikels stehen, und welche die Anatomie mit dem Namen der Semilunarklappen belegt hat, und die andern, welche am venösen Ende des Ventrikels stehen, und von denen die im linken Ventrikel Valvula mitralis, die im rechten Ventrikel Valvula tricuspidalis heisst. Die Klappen am arteriösen Ende des Ventrikels sind Taschenventile und zwar bestehen sie sowohl in der Aorta, als in der Arteria pulmonalis aus je drei Taschen. Wenn eine Flüssigkeit sich in der Aorta rückläufig bewegt, so schlagen die drei Taschen, von der Flüssigkeit aufgebauscht, gegen einander und bilden so den Verschluss, indem sie sich zu einer dreischenkligen Figur gegen einander legen. Man kann sich die letztere von unten her sichtbar machen, wenn man in eine sammt den

Klappen vom Ventrikel getrennte Aortenwurzel einen Trichter bindet und Wasser in denselben hineingiesst. Wenn Sie die Aorta vom Ventrikel aus aufschneiden, so sehen Sie die drei Taschen neben einander liegen. Wenn Sie eine dieser drei Taschen ansehen, so werden Sie bemerken, dass sich in der Mitte des Randes eine kantige, verdickte Stelle befindet, der Nodulus Arantii. Jeder der drei Noduli füllt mit seinen Kanten 120°, so dass alle drei mit einander 360° ausfüllen und so im Centrum den nöthigen Verschluss bilden. Zu jeder Seite des Nodulus sehen Sie einen Halbmond, in dem die Klappe bedeutend dünner ist als in ihren übrigen Partien. Dieser Halbmond entspricht demjenigen Theile, in welchem sich beim Verschluss der Klappen Klappe mit Klappe berührt. Der übrige Theil der Klappe aber, der dickwandiger ist, entspricht derjenigen Partie, welche beim Verschluss der Klappe gegen den Ventrikel hin gewendet ist. In dem dünneren Theile der Klappe können Löcher vorkommen, ohne dass hiedurch die Klappe insufficient wird. Beim Entstehen solcher Löcher schliesst in der ersten Zeit die Klappe noch, später, wenn die Oeffnung grösser wird, und die Klappe sich auszerrt, regurgitirt Blut aus der Aorta in den Ventrikel. Wenn man eine grössere Anzahl von Aortenklappen durch Eingiessen von Wasser auf ihre Verschlussfähigkeit, ihre Sufficienz prüft, so wird man unter denen, welche sich als sufficient erwiesen haben, hinterher nach dem Aufschneiden und sorgfältigen Untersuchen gar nicht selten solche finden, bei denen eine oder die andere in ihrer verdünnten Partie ein Loch aufweist.

Die Klappen der Pulmonalarterie sind ganz ebenso beschaffen wie die Klappen der Aorta; sie sind nur dünner, schwächer, in Uebereinstimmung damit, dass der Druck in der Arteria pulmonalis niemals so hoch steigt wie in der Aorta.

Es ist klar, dass die Semilunarklappen sich schliessen, sobald die Ventricularsystole aufhört. Solange der Ventrikel sich zusammenzieht, treibt er Blut in die Aorta, beziehungsweise in die A. pulmonalis hinein. Der Druck ist also im Ventrikel grösser als in den Arterien, folglich muss auch die Klappe noch offen sein. Sobald aber der Druck im Ventrikel nachlässt, sobald die Muskelfasern des Ventrikels erschlaffen, wird der Druck in der Aorta, beziehungsweise in der A. pulmonalis grösser, das Blut macht eine rückgängige Bewegung und hiedurch werden die Klappen geschlossen. Die Klappen bewegen sich dabei passiv, wie ein Körper, der im Wasser flottirt. Wir werden später noch einmal auf die Mechanik dieser Klappen zurückkommen.

Eine andere Art der Ventile sind die Atrioventricularklappen, die Valvula bicuspidalis und die Valvula tricuspidalis. Sie sind weniger einfach und können weniger leicht auf gewöhnliche mechanische Vorrichtungen zurückgeführt werden. Am besten lassen sie sich noch mit E. H. Weber aus dem Röhrenventile ableiten. Denken Sie sich, Sie hätten zwei Röhren mit den Enden in einander gesteckt und eine kurze häutige Röhre zwischen ihnen eingeklemmt, deren anderes freies Ende Sie durch Fäden befestigen, so dass sie nicht in die engere Röhre zurückgestülpt werden kann. Dann wird Wasser aus der engeren Röhre in die weitere ohne Hinderniss fliessen, sobald dasselbe sich aber in der entgegengesetzten Richtung bewegen will, so wird es die schlaffen und nachgiebigen Wände der häutigen Röhre gegen einander drücken und sich hiedurch den Weg

versperren. Nun denken Sie sich, Sie hätten an einem solchen Röhrenventil jederseits ein Stück ausgeschnitten, so dass es zwar an seinem eingeklemmten Ende noch eine Röhre bleibt, an dem mit Fäden befestigten aber in zwei Lappen ausgeht. Es würden sich dann, wenn die Flüssigkeit zurückfliesst, die beiden Lappen an einanderlegen und auf diese Weise einen Verschluss bilden. Das ist das Bild der Valvula mitralis, die ihren Namen von den beiden zungenförmigen Lappen hat, welche mit den beiden heraufgeschlagenen Theilen einer Bischofsmütze verglichen wurden. Die Fäden, welche die Klappen am Durchschlagen hindern, sind die sogenannten Chordae tendineae, welche von der Klappe aus zum grössten Theil zu den Papillarmuskeln, zum kleinen Theile auch zu prominirenden Fleischbalken an der inneren Seite des Ventrikels gehen. Welche Bedeutung hat es, dass die Chordae tendineae fast sämmtlich an Papillarmuskeln befestigt sind?

Das hat einen wesentlichen Nutzen für die Fixirung der Klappe während der Systole des Ventrikels. Denken Sie sich die Sehnenfäden einfach zur Herzwand gehend, und denken Sie sich den Ventrikel sich zusammenziehen, so wird die Höhle des Ventrikels nicht nur enger, sondern sie wird auch kürzer werden: wenn also die Sehnenfäden einfach zur Wand gingen, so würden die betreffenden Theile der Wand um ebenso viel in die Höhe, das heisst dem venösen Ostium näher rücken, als der Ventrikel sich verkürzt, und die Folge davon würde sein, dass ein neuer Spielraum für die Klappen entstände, und dass dieselben gegen den Vorhof hinausgedrängt werden könnten. Dabei würde die vollständige Entleerung des Ventrikels unmöglich sein. Nun gehen aber die Fäden nicht einfach zur Herzwand als solcher, sondern sie gehen zu den Papillarmuskeln, und während das Herz sich verkürzt, verkürzen sich auch die Papillarmuskeln, während durch die Verkürzung des Herzens die Befestigung der Chordae tendineae gehoben wird, wird sie durch die Verkürzung der Papillarmuskeln wieder nach abwärts gezogen, und so geschieht es, dass die Klappen nicht nur nicht durchschlagen, sondern dass sie wahrscheinlich gegen das Ende der Systole noch etwas nach abwärts gegen den Ventrikel zu gezogen werden.

Die Papillarmuskeln stehen dabei nicht unter dem Lappen der Klappe, sondern sie stehen immer in den Zwischenräumen zwischen den Lappen der Klappe. Es hat dies den Nutzen, dass die Richtung des Zuges günstiger wird. Würden die Papillarmuskeln unter dem Lappen der Klappe stehen, so würde es in dem Zuge der Fäden eine Componente geben, die die Lappen der Klappe von einander zu entfernen sucht. Jetzt aber, wo die Papillarmuskeln in den Zwischenräumen zwischen je zwei Lappen stehen, wirkt die eine Componente nach abwärts, und die andere wirkt in der Richtung gegen die andere Klappe hin, so dass die letztere Componente die Ränder der beiden Klappen nicht von einander, sondern gegen einander zieht.

Nicht minder lehrreich ist die Art der Befestigung an der Klappe. Die Sehnenfäden setzen sich nicht nur an den Rand der Klappe, sondern sie verzweigen sich, bilden Arkaden, und heften sich so zwar nicht auf der ganzen, aber doch auf einem grossen Theile der unteren Fläche der Klappe an. Das hat einen wesentlichen Nutzen für die Sicherung der Lage der Klappen während der Systole. Wenn sie sich nur am Rande

befestigten, so würde die Klappe segelartig gegen den Vorhof ausgebaucht werden können: da sie sich aber in grösserer Ausdehnung an der unteren Fläche befestigen, so muss die Klappe mehr in ebener Lage erhalten werden.

Ueber die Valvula tricuspidalis, die Atrioventricularklappe des rechten Ventrikels, ist nichts wesentlich neues zu sagen. Sie können Alles, was ich Ihnen eben über die Mitralklappe gesagt habe, auf die Tricuspidalis anwenden, nur mit dem Unterschiede, dass bei der Tricuspidalklappe das Röhrenventil durch drei Ausschnitte in drei Lappen getheilt ist, während es bei der Mitralklappe nur durch zwei Ausschnitte in zwei Lappen getheilt ist.

Wann schliessen sich nun diese Klappen? Darüber ist gestritten worden. Die Einen haben gesagt: Die Klappen schliessen mit dem Anfang der Systole des Ventrikels. Die Andern haben gesagt: Nein, dann ist die Klappe schon geschlossen, die Klappe schliesst schon, wenn die Systole des Vorhofs aufhört und die Contraction des Ventrikels ist zur Verschliessung der Klappe gar nicht nothwendig: wenn man ein Herz mit einem eröffneten Vorhofe an einem Ringe aufgebunden hat, so dass die Bicuspidal- oder Tricuspidalklappe offen daliegt, und man von oben einen Guss Wasser hineinstürzt, so zeigt es sich, dass unter diesem Sturze die Klappe sich hebt und zusammenschlägt. Ueber den Zeitpunkt kann kein ernstlicher Zweifel vorhanden sein, da keine Pause zwischen der Systole des Vorhofs und der Systole des Ventrikels existirt, sondern die Systole des Ventrikels unmittelbar der des Vorhofs folgt. Auf der Grenze dieser beiden Bewegungen muss der Verschluss der Klappe erfolgen. Es fragt sich nur: Was ist denn eigentlich die Ursache, ist es die Systole des Vorhofs oder die Systole des Ventrikels? Die Systole des Vorhofs kann offenbar die Ursache nicht sein, da ihre nächste Wirkung die ist, dass sie die Klappen öffnet, denn sie soll ja Flüssigkeit, Blut, aus dem Vorhofe in den Ventrikel hineinschütten, aber durch eine secundäre Wirkung bereitet sie schon den Verschluss der Klappen vor. Das Innere des Herzens ist, wie Sie wissen, im höchsten Grade uneben, es sind die Papillarmuskeln darin, und die Trabeculae carneae, vorspringende Muskelbalken. Das Blut kann ferner zunächst nicht fort, sondern es wird, wie in einen Topf in den Ventrikel hineingeschüttet, oder, wie wir später sehen werden, der Ventrikel gewissermassen über dasselbe hinübergezogen. Die Folge davon ist, dass Wirbel, zahlreiche rückgängige Bewegungen entstehen, und diese heben die Klappe auf, bringen sie von der Wand des Herzens weg, so dass sie flottirt in der sich bewegenden Blutmasse. Das ist es auch, was man erzielt, wenn man von oben her in einen Ventrikel einen plötzlichen Wassersturz hineingiesst: schliessen aber kann sich die Klappe nicht, so lange sich der Vorhof noch weiter contrahirt, denn so lange ist der Druck im Vorhof grösser als im Ventrikel; schliessen kann sich die Klappe erst dann, wenn der Druck im Ventrikel grösser wird als der Druck im Vorhofe. Das ist also der wahre Moment, in dem die Klappe sich schliesst; aber ihr Verschluss ist schon durch die Wirbelbewegung vorbereitet, welche durch die Contraction des Vorhofes indirect hervorgerufen wird, und somit findet nun der Verschluss ohne wesentliche Regurgitation, ohne Zurückwerfen von Blut in den Vorhof statt.

In den Atrioventricularklappen kommen quergestreifte Muskelfasern vor. Sie liegen auf der Vorhofsseite, während die übrige Masse der Klappen, wie die der Semilunarklappen aus fibrösem Gewebe, untermischt mit elastischen Fasern, besteht. Diese Muskelfasern hat schon Kürschner gekannt, sie sind dann geleugnet worden, dann wieder beschrieben, und in neuerer Zeit hat sie Dr. Gussenbauer ausführlich untersucht. Man sieht sie nicht gut an Durchschnitten von einfach getrockneten Klappen, weil da die Muskelfasern sich zu sehr abplatten und undeutlich werden: man muss die Klappen erst in Weingeist legen, und sie darin erhärten lassen; dann muss man sie trocknen und Durchschnitte machen. Die Muskelfasern bilden Ringe an den Insertionsstellen sowohl im rechten als im linken Ventrikel, und ausserdem findet man eine Schicht von radialen Fasern, welche noch über den Ring von circularen Muskelfasern hinausgeht, so dass diese Muskelfasern sich in beiden Klappen, sowohl in den Lappen als im Saume, auf den dritten Theil und auch noch etwas darüber von der Breite der ganzen Klappe erstrecken.

Es liegt nahe, dass wenn der Vorhof sich zusammenzieht und die Bewegung im Begriffe ist, auf den Ventrikel überzugehen, dann diese Fasern, die im directen Zusammenhange mit den Vorhoffasern stehen, sich auch zusammenziehen werden. Es fragt sich nur: Was ist der erdenkliche Nutzen dieser Muskelfasern, da wir ja die Mechanik der Klappen auch ohne diese Fasern ganz gut verstehen? Fragen wir zunächst: Was haben diese Muskelfasern für eine Wirkung? Wenn die Kreismuskelfasern sich zusammenziehen, so ist es klar, dass sie dadurch die Klappen in diejenige Ebene zu heben suchen müssen, in welcher die periphere Befestigung der Klappe liegt, und die Radialmuskelfasern, wenn sie sich zusammenziehen, werden die Klappen verkürzen. Beide zusammen werden also die Klappe mit ihren Lappen gleichsam aus dem Ventrikel herauszuheben oder doch in demselben emporzuheben suchen. Sobald die Vorhofsystole aufhört und die Ventrikelsystole anfängt, werden diese Muskelfasern wieder erschlaffen. Sie müssen also offenbar eine Thätigkeit haben, die nur vorbereitend für den Verschluss der Klappen ist, und das sieht man auch nach dem Gesagten ganz gut ein. Sie unterstützen diejenige Bewegung, welche schon durch die Blutwirbel im Herzen angeregt wird, sie geben eben dieser Bewegung mehr Regelmässigkeit. Denken Sie sich diese Klappen unmittelbar vor der Ventrikelsystole herabhängen, so würde zwischen ihren Lappen eine gewisse Quantität Blut sein, welche nun, wenn das Herz sich zusammenzöge, in den Vorhof zurückgedrängt werden würde. Aus diesem Blute heben die Muskelfasern die Klappen heraus, so dass eine Portion Blut, die früher noch über ihnen, an ihrer Vorhofseite lag, nun an ihrer Ventricularseite liegt und nicht in den Vorhof hinein regurgitirt werden kann.

Die Acte der Herzcontraction.

Suchen wir jetzt kurz, um eine allgemeine Vorstellung von der Mechanik des Herzens zu bekommen, die Momente auf, in welchen sich das Herz contrahirt. Zuerst ziehen sich die Venen zusammen, und zwar die Hohlvenen und die Lungenvenen in demjenigen Theile, der sich innerhalb des Herzbeutels befindet; an diesem finden sich noch quer-

Reihe von continuirlichen Uebergängen, dass diese Zellen immer länger und länger werden und nun endlich ganz das Bild der glatten Muskelfasern, wie man sie in andern Organen findet, darstellen, mit ihrem länglichen, fast bandförmigen, an den Enden allmälig verjüngten und zugespitzten Zellenleibe und ihrem nach der Längsaxe der Zelle stark verlängerten Kerne. Auch durch mechanische und electrische Reizung der Arterien kann man sich überzeugen, dass man es hier wirklich mit contractilen Elementen zu thun hat, dass sich die mittlere Arterienhaut zusammenzieht. Die Schlagadern vom mittleren Durchmesser enthalten Muskelfasern in relativ grösserer Menge als die Aorta und die grossen Aeste, die unmittelbar von ihr abgehen, und diese Muskelfasern können bis zu den letzten Aesten der Arterien verfolgt werden. Bei mikroskopischen Arterien, deren Präparation mit dem Messer nicht möglich ist, erkennt man in den mikroskopischen Bildern an den quergestellten Kernen noch den Verlauf der einzelnen Muskelfasern der Ringfaserhaut.

Die elastischen Elemente sind in starken Fasernetzen zwischen den einzelnen Lagen von Ringmuskelfasern eingeschaltet, und im Verlaufe der Zeit wandeln sich diese elastischen Fasernetze zum Theil in Platten, in Lamellen um, welche an ihrer Oberfläche noch die Figuren der elastischen Fasernetze zeigen, ausserdem aber von eigenthümlichen, meist elliptisch gestalteten Löchern durchbrochen sind, deren Ursprung man nicht sicher kennt, welche aber diesen Lamellen den Namen der gefensterten Membranen gegeben haben. Diese Structur also, eine stete Abwechslung von Ringmuskelfasern und von elastischen Platten und Fasernetzen, setzt sich durch die ganze Media fort, und aus dieser besteht die Hauptmasse der ganzen Arterienwand im engeren Sinne des Wortes. Wenn man sie nach und nach heruntergezupft hat, indem man fortwährend von innen nach aussen fortschreitet, so bemerkt man, dass man beim weiteren Zupfen nicht mehr der Quere nach reissen kann, sondern dass die Elemente nach allen verschiedenen Richtungen durcheinandergefilzt sind, und wenn man jetzt wieder eine Probe unter das Mikroskop bringt, so findet man, dass die Muskelfasern verschwunden sind, dass man es nur noch mit elastischen Fasern zu thun hat, welchen wenig Bindegewebe beigemengt ist. Dies ist die Schicht, welche den Uebergang bildet von der mittleren Arterienhaut zu der Tunica adventitia, und da diese Schicht sich durch ihren sehr grossen Reichthum an elastischen Fasern auszeichnet, so dass diese hier in der That die Hauptmasse bilden und nur wenig Bindegewebe beigemengt ist, so hat Henle diese Schicht mit dem Namen der Tunica elastica propria bezeichnet. Wenn man jetzt noch weiter nach aussen geht, so mengt sich den elastischen Fasern immer mehr Bindegewebe bei, so dass nun bald das Bindegewebe die Hauptmasse ausmacht und nur noch relativ wenig elastische Fasern demselben beigemengt sind. Diese Schicht, die von ungleicher Dicke und häufig nach aussen durch keine bestimmte Grenze abgegrenzt ist, nennt man Tunica adventitia oder Bindegewebsscheide der Arterie.

Wenn man den Schlagadern gegen ihre Verzweigungen hin folgt, so bleibt der Bau im Wesentlichen derselbe, nur dass zuletzt an den kleinen mikroskopischen Arterien die verschiedenen Schichten nicht mehr so genau unterschieden werden können, wie dies bei den grösseren

der Fall ist. Doch kann man die Hauptschichten auch hier noch wahrnehmen. Wenn man eine solche Arterie unter dem Mikroskope betrachtet, so findet man nach innen, der Axe zunächst, eine Längsstreifung, und in den Längsstreifen sieht man längliche Kerne liegen. Die Längsstreifen rühren von der Intima her und die Kerne vom Epithel. Die Längsstreifen sind aus der Intima dadurch entstanden, dass die nun leere Arterie sich nach dem Tode zusammengezogen hat, und die Intima in Falten gelegt worden ist. Ferner sieht man verlängerte Kerne der Quere nach liegen: das sind die Kerne der Muskelfasern der Tunica media. Endlich nach aussen davon sieht man wieder blasse Streifen und in diesen weniger verlängerte, mehr rundliche Kerne eingelagert, deren grösster Durchmesser der Längsaxe des Gefässes parallel liegt. Diese Streifen sind die Faserzüge des Bindegewebes der Adventitia und die Kerne sind die Kerne, welche diesem Bindegewebe angehören.

Von dem Bilde, welches ich Ihnen vom Baue der Arterien im Allgemeinen gegeben habe, weichen am meisten ab die Nabelarterien. Es geht dies namentlich aus den Untersuchungen hervor, die Dr. Strawinski im hiesigen Laboratorium angestellt hat. Die Wand der Nabelarterie ist relativ dicker als die anderer Schlagadern und ihre innere Oberfläche nicht so glatt und eben. Es zeigen sich zahlreiche streifenförmige Hervorragungen, die theils der Länge nach, theils schief verlaufen und unter spitzen Winkeln zusammenstossen. An anderen Stellen ist die innere Oberfläche mit zahllosen kleinen Erhabenheiten besäet. Auch grössere polsterartige Erhabenheiten kommen bisweilen vor, namentlich in der Nähe des Nabelringes, ferner im weiteren Verlaufe einseitige Verdickungen und Verdünnungen der Wand. Histologisch sind die wichtigsten Unterschiede: der sehr grosse Reichthum an Muskelfasern und die Armuth an elastischen Fasern, die Unregelmässigkeit im Verlaufe der Muskelfasern, so dass Fasern in allen Richtungen vorkommen, und vielfältig Längsmuskelfasern in bedeutender Masse nach innen von den Ringmuskelfasern liegen, endlich der gänzliche Mangel einer eigenen elastischen Intima im grössten Theile des Verlaufes der Arterie. Durch diese histologischen Eigenthümlichkeiten wird es möglich, dass sich die Nabelarterien, wie wir später sehen werden, im Nabelringe und über denselben hinaus durch Contraction ihrer Ringfasern vollständig verschliessen nachdem das Kind geboren worden ist.

Die Capillaren.

Wenn wir von den Arterien in die Capillaren übergehen, so vereinfacht sich der Bau zusehends. Wir unterscheiden im frischen Zustande nur noch eine einfache glashelle durchsichtige Röhre als die Membran des Capillargefässes, und in der Wand der Röhre Kerne eingelagert, häufig, wie zuerst Stricker beobachtete, mit mehr oder weniger Protoplasma, das noch durch seine feine Punctirung und seinen zarten Contour deutlich für das Auge unterscheidbar ist. Man hat auch bis vor wenigen Jahren allgemein gesagt, die Wände der Capillargefässe beständen aus einer structurlosen Membran, in welcher von Stelle zu Stelle und mit Vorliebe an den Knotenpunkten des Maschenwerkes Kerne eingelagert seien. In neuerer Zeit haben die meisten Anatomen sich darüber eine

andere Ansicht gebildet. Sie stellen sich's jetzt im Allgemeinen so vor, als ob von den Arterien und auch von den Venen, wenn man sich den Capillaren nähert, nach und nach die äusseren Schichten schwänden und zuletzt nur das Endothelrohr übrig bliebe, welches in das Bindegewebe eingelagert, oder nach Anderen noch von einem dünnen Häutchen überzogen ist. Die Ursache dieser Wandlung in den Ansichten ist folgende. Man fing an, die Gefässe mit einer sehr verdünnten Lösung ($\frac{1}{2}$ pCt.) von salpetersaurem Silberoxyd auszuspritzen und fand dann, dass, wenn man hinterher die Epithelien mikroskopisch untersuchte, sich nun auch da, wo man früher nichts als Epithelialmembranen gesehen hatte, wo man die Zellengrenzen nicht hatte unterscheiden können, braune Linien zeigten, die in verschiedener Gestalt und mit mehr oder weniger Regelmässigkeit Felder abgrenzten, in denen häufig noch in der Mitte Kerne zu erkennen waren: Man sagte sich deshalb, wir haben hier die Zellengrenzen der Epithelien dargestellt. Wenn man nun die Capillaren in derselben Weise injicirt und untersucht, so findet man auch auf ihnen dergleichen Linien, und man findet auch, wenn nicht immer, doch häufig, in den Feldern, welche hier entstehen, Zellenkerne. Man sagte deshalb: die Capillaren haben auch ein Epithelium oder, wie Einige wollten, sie bestehen aus einem Epithelialrohr, welches man sich von den Gefässen fortgesetzt denken kann: denn die Zeichnungen, die sich hier in den letzten Arterien und Venen finden, gehen unmittelbar in die Zeichnungen über, welche sich in den Capillargefässen finden. Es muss hierzu Folgendes bemerkt werden. Es steht zunächst fest, dass die Capillaren bei ihrer Bildung nicht etwa aus solchen Zellen zusammenwachsen; darüber sind Alle einig, die den Gegenstand selbst untersucht haben. Sie alle sind darin einig, dass die Capillaren sich dadurch vermehren, dass irgendwo aus einem fertigen Capillargefässe, aus dem Protoplasma, das noch einen wesentlichen Bestandtheil der Wand ausmacht, ein spitzer Fortsatz herauswächst, oder richtiger, da ja das Protoplasma, solange es noch contractil ist, Fortsätze ausschieben kann, sich herausschiebt, dass sich von einer andern Seite, von einem andern Capillargefässe aus ein Fortsatz entgegenschiebt, diese mit ihren Spitzen sich erreichen, und auf diese Weise eine Brücke entsteht, welche dann nach und nach hohl wird. Das ursprüngliche Capillargefäss ist ein einfacher hohlgewordener Protoplasmastrang. Wenn man also auch annehmen will, dass alle bisher an den Capillaren dargestellten Silberlinien wirklich Zellgrenzen sind, so sind es wenigstens nicht die Grenzen von Zellen, aus denen die Capillargefässe entstanden sind, sondern es sind die Grenzen von Zellarealen, in welche die Capillarwand, bei weiterem Wachsthum nach und nach zerfallen ist, oder Grenzen von Zellen, die sich in das Capillargefäss, nachdem es bereits als Röhre existirte, hineingebildet haben. Ferner hat Federn nachgewiesen, dass die Silberlinien nicht der Ausdruck von platten, bandartigen, die Zellen von einander trennenden Schichten, sondern der Ausdruck von drehrunden, von draht- oder fadenförmigen Gebilden sind. Man muss also entweder annehmen, dass die vermeintliche sich durch Silber färbende Kittsubstanz in drehrunden Strängen zwischen den Zellen abgelagert sei, oder dass die ganzen Silberbilder von einem mit Flüssigkeit gefüllten Canalsysteme herrühren, dessen drehrunde Rinnsale zwischen den übrigens hart an einander stossenden Zellen verlaufen.

Es ist vermuthet worden, dass Federn andere Gebilde vor sich gehabt habe als andere Beobachter, weil seine Bilder von den Maschenfiguren viel complicirter und unregelmässiger sind; aber dies rührt theils daher, dass damals noch nicht, wie es auf Rollet's Empfehlung später geschehen, die versilberten Gefässe nachträglich mit farbloser Leimlösung prall gefüllt wurden, um sie in ihren Wänden zu glätten: andererseits rührt es daher, dass in den verschiedenen Capillaren die Figuren sehr verschieden und in einem grossen Theile in der That sehr complicirt und unregelmässig ausfallen. Die drehrunde Beschaffenheit der Stränge ist ihnen aber allen gemeinsam.

Sind die Capillaren contractil? Sie haben keine Muskelfasern; aber vor einer Reihe von Jahren hat Stricker Veränderungen in ihrem Durchmesser beobachtet, welche wahrscheinlich mit der Thätigkeit von noch contractilem Protoplasma in ihren Wänden zusammenhängen. Seit dem haben Goluben und Fürst Tarchanoff an Fröschen und Froschlarven beobachtet, dass hier längliche Verdickungen der Capillarwand, die aus einem in dieselbe eingelagerten Kerne mit umgebendem Protoplasma bestehen, sich auf electrische Reizung verkürzen und sich dabei oft so stark gegen das Lumen vordrängen, dass sie den Blutkörperchen den Weg versperren.

Die Venen.

Die kleinsten Venen unterscheiden sich unter dem Mikroskope schon von den kleinsten Arterien dadurch, dass sie dünnwandiger sind, und dass die Kerne, welche den Muskelfasern angehören, weniger regelmässig quer gegen die Axe des Gefässes gelagert sind. Die Venen von mittlerem Durchmesser haben drei Häute, wie die Arterien; sie unterscheiden sich aber, wie die Venen im Allgemeinen, von den Arterien dadurch, dass sie erstens dünnwandiger sind und zweitens relativ weniger elastische Fasern haben und relativ mehr Bindegewebe. Das hängt damit zusammen, dass einerseits, wie wir später sehen werden, der Druck, welcher auf der Venenwand lastet, viel geringer ist als der Druck, welcher auf der Arterienwand lastet, und zweitens von der Vene nicht in der Weise, wie von der Arterie verlangt wird, dass sie durch die Action ihrer Wandung während der Diastole des Ventrikels das Blut in progressiver Richtung forttreibe.

Zu innerst liegt, wie bei den Arterien, ein einfaches, ungeschichtetes Plattenepithel, dann folgt eine elastische Längsfaserhaut, bestehend aus elastischen Fasernetzen und elastischen Lamellen. Hierauf folgt eine Lage von längslaufendem Bindegewebe, welches diese elastische Intima von der Media trennt. Dann kommt die Media mit ihren im Allgemeinen ringförmig verlaufenden Muskelfasern und auch elastischen Elementen, welche aber, wie gesagt, weniger reichlich darin enthalten sind, als in der gleichnamigen Schichte der Arterien. Endlich folgt nach aussen die Adventitia, bestehend aus im Allgemeinen längslaufendem Bindegewebe. Unter demselben, zwischen ihm und der Media finden sich aber an vielen grösseren Venen auch Längsmuskelfasern untermischt mit elastischen Fasern. Die grössten Venen unterscheiden sich in ihrem Baue von den Venen mittleren Durchmessers, indem an der oberen und unteren Hohlvene die Muskulatur der Media gänzlich schwindet. Dafür tritt im Leber-

theile der Cava in oder wenn man will unter der Adventitia derselben eine besonders reichliche Muskulatur von der Länge nach und schief verlaufenden Muskelfasern auf.

Relativ am reichsten an Muskelfasern sind die Venen des schwangeren Uterus, in welchen alle drei Schichten der Wand Muskelfasern enthalten. Dagegen gibt es aber auch auf der andern Seite Venen, in welchen gar keine Muskelfasern vorkommen. Das sind zunächst die Venen des mütterlichen Theiles der Placenta, dann die Sinus der harten Hirnhaut und die in den Knochen verlaufenden, sogenannten Brechetschen Venen, dann die Venen der Retina und die meisten Venen des Gehirns und der Pia mater, endlich auch die Venen der Corpora cavernosa penis, insofern die Muskelfasern dort keinen unmittelbaren Bestandtheil der Venenwand ausmachen.

Die den Rückfluss des Blutes in den Venen hindernden Klappen sind Taschenventile, jedes aus zwei Taschen bestehend. Die letzteren sind vom Endothel überkleidet und bestehen aus Bindegewebe und elastischen Fasern. Muskelfasern scheinen sie nicht zu enthalten.

Die physikalisch-physiologischen Eigenschaften der Gefässwände.

Nachdem wir nun die Gefässe von ihrem Anfang bis zu ihrem Ende kennen gelernt haben, wollen wir uns noch kurz Rechenschaft zu geben suchen von der Bedeutung der einzelnen Gewebselemente in den Wandungen derselben. Von den elastischen Elementen haben wir bereits gesprochen. Wir haben bereits gesehen, dass die Elasticität der Arterien wesentlich dazu dient, einen Theil der Propulsionskraft des Herzens aufzuspeichern, in Spannkraft umzuwandeln, so dass diese Spannkraft während der Diastole des Herzens zu Diensten ist, die Arterien sich während dieser Zeit zusammenziehen und das Blut vorwärts treiben. Von den Muskelfasern weiss man, dass sie sich nicht etwa rhythmisch zusammenziehen und dadurch, wie die alten Aerzte glaubten, den Puls hervorbringen. Wir wissen, dass ihre Bewegung viel zu langsam ist, als dass ihnen eine solche rhythmische Bewegung, wie sie der Pulsschlag darstellt, zugemuthet werden könnte. Nichtsdestoweniger scheinen sie nach den neuesten Untersuchungen doch eine rhythmische Bewegung zu haben, die aber nicht isochron ist mit dem Herzschlage, sondern isochron ist mit den Athembewegungen. Wir werden auf diesen Gegenstand später, wenn wir von den Respirationsschwankungen im Blutdruck reden, zurückkommen. Im Uebrigen aber wirken die Muskelfasern zunächst als unterstützende Elemente für die elastischen. Früher war man der Meinung, dass es für die elastischen Körper eine bestimmte Grenze gebe, die sogenannte Elasticitätsgrenze, bis zu welcher sie ausgedehnt werden könnten, ohne eine dauernde Veränderung ihrer Dimensionen zu erleiden: nur wenn sie über die Elasticitätsgrenze hinausgedehnt würden, sollten sie eine bleibende Veränderung erfahren. Die Untersuchungen von Wertheim haben aber gezeigt, dass dies nicht streng richtig ist, sondern dass ein Körper, wenn er auch innerhalb seiner Elasticitätsgrenze gedehnt wird, doch eine dauernde Veränderung erleide, wenn die Dehnung sehr lange dauert, oder wenn er sehr oft hinter einander gedehnt wird, wie man dies an dem durch Benutzung eintretenden Lahmwerden auch der

besten Sprung- und Uhrfedern praktisch längst erfahren hatte, ohne dass man sich die sichere Ueberzeugung verschafft hätte, dass diese Veränderung wirklich auch ohne Ueberschreitung der Elasticitätsgrenze erfolgt sei. Es ist also von Wichtigkeit, dass den elastischen Elementen in den Arterien, die so überaus oft gedehnt werden, Tag und Nacht immer fort, 60 bis 70mal in der Minute, und immer wieder in ihre frühere Lage zurückgehen sollen, in den Muskelfasern ein Element zugegeben ist, welches sie durch seine lebendige Contractilität unterstützt. Denn die Muskelfasern üben ja auch elastische Wirkungen aus, aber ohne nach Art der todten elastischen Gebilde in ihnen mit der Zeit zu erlahmen.

Weiter wirkt die Muskulatur auf die Vertheilung des Blutes. Sie regulirt die Vertheilung des Blutes insofern, dass, wenn die Arterien eines Organes sich zusammenziehen, dasselbe an Blut verarmt, weil die Zufuhrsstrasse verengt ist, und andererseits wird dasselbe reichlicher mit Blut gespeist, wenn sich die Arterien erweitern. An den Venen hat man periodische Bewegungen gesehen, so an den Venen in den Ohren der Kaninchen. Die hieher gehörigen Erscheinungen sind aber noch dunkel, und man weiss nicht, in wie weit sie von der Contractilität der Venen als solchen abhängen, oder von einer periodisch stärkeren oder schwächeren Speisung dieser Venen herrühren. Das Resultat muss für die Beobachtung, wie Sie leicht einsehen, dasselbe sein, denn man hat eben nichts Anderes beobachtet, als dass der Blutstrom einmal in den Venen schmäler, das andere Mal breiter wird; ausfüllen muss der Blutstrom die Venen auf alle Fälle.

Der Blutdruck in den Schlagadern.

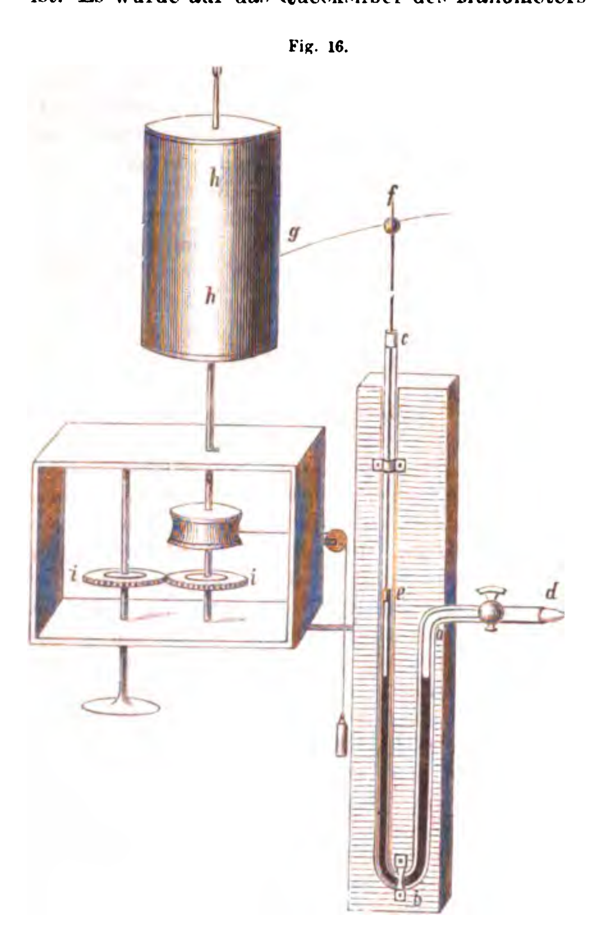
Um uns eine Vorstellung von der Mechanik des Kreislaufes machen zu können, müssen wir uns zunächst mit den Druckverhältnissen in demselben bekannt machen, denn das Grundgesetz der ganzen Hydrodynamik, der ganzen Lehre von der Bewegung der Flüssigkeiten ist ja, dass die Flüssigkeit immer von der Gegend des höheren Druckes gegen die Gegend des niederen Druckes hin fliesst. Der erste, der Untersuchungen über den Blutdruck in den Arterien angestellt hat, war ein englischer Geistlicher, Stephan Hales. Er hatte die Kraft untersucht, mit der im Frühlinge der Saft steigt, er hatte auf abgeschnittene Aeste von Weinstöcken Glasröhren gesetzt und nun beobachtet, bis zu welcher Höhe der Saft in diesen aufstieg. Er durchschnitt nun auch eine Arterie eines lebenden Thieres und setzte eine Glasröhre ein. Zu seinem Erstaunen spritzte das Blut noch oben aus der Glasröhre heraus; er musste erst zwei Glasröhren auf einander setzen, um beobachten zu können, bis zu welcher Höhe das Blut gehoben wird. Später bediente man sich des sogenannten offenen Quecksilbermanometers, das heisst einer *U*-förmig umgebogenen Röhre, die zur Hälfte mit Quecksilber gefüllt ist. Der eine Schenkel wird abgebogen, um mit der Arterie des lebenden Thieres in Verbindung gesetzt zu werden, das Blut drückt auf das Quecksilber, treibt es dadurch auf der andern Seite in die Höhe, und aus der Höhe der Quecksilbersäule, welcher der Druck des Blutes das Gleichgewicht hält, berechnet man die Grösse des Blutdruckes. Um die Versuche längere

Zeit fortsetzen zu können, um nicht gestört zu sein durch die Gerinnung des Blutes, füllt man vorher in den abgebogenen Schenkel eine Portion einer Lösung von kohlensaurem Natron, mit welchem das Blut sich mischt. Poiseuille hat auf diese Weise eine Reihe von lehrreichen Versuchen angestellt.

Ludwig's Kymographion.

Das offene Quecksilbermanometer benutzte Ludwig um einen selbstregistrirenden, das heisst einen Apparat zu schaffen, der jedesmal selbst aufschrieb, bis zu welcher Höhe die Quecksilbersäule gehoben worden war. Es war dies sein Kymographion, das in Fig. 16 nach der von ihm selbst in seinem Lehrbuche gegebenen schematischen Zeichnung dargestellt ist. Es wurde auf das Quecksilber des Manometers *(d a b e c)* ein hölzerner Schwimmer *(ef)* gesetzt. Dieser wurde oben mit einem Schreibpinsel *(g)* versehen. Die Spitze desselben legt sich an die Oberfläche einer Trommel *(h h)* aus Messingblech, welche mit einem Bogen glatten Papiers überspannt ist und diese wird durch ein Uhrwerk *(i i)* mit constanter Geschwindigkeit umgetrieben. Sie sehen leicht ein, dass man auf diese Weise Curven bekommen muss, deren Ordinaten gegeben sind durch die Erhebungen des Schwimmers, während andererseits die Abscissen die dazu gehörigen Zeiten darstellen, wenn sich der Cylinder wirklich mit constanter Geschwindigkeit umdreht. Die Erhebungen des Schwimmers aber sind gleich den halben Differenzen der beiden Quecksilberniveaus. An die Stelle des Pinsels setzte Ludwig später ein mit Tinte gefülltes leichtes Glasröhrchen, und in noch späterer Zeit fing man an, das Papier über

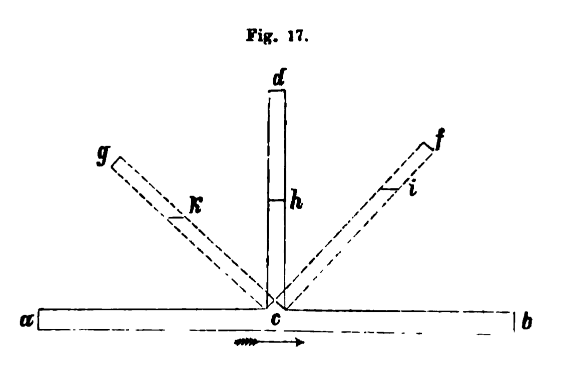
Fig. 16.



der Terpentinflamme zu berussen und mit einer Borste oder einem leichten Stift in der Russschicht zu schreiben.

Ludwig verbesserte auch die Art und Weise, wie das Manometer mit der Arterie verbunden war. Es handelte sich darum, das Manometer nicht mehr in einen durchschnittenen Ast, sondern vielmehr in die Seitenwand selbst einzusetzen; denn den Seitendruck, den Druck, den das Blut auf die Wandungen ausübt, wollte man messen. An einem durchschnittenen Aste, in den man das Manometer endständig einfügt, misst man den Seitendruck nicht in directer Weise. Man misst zunächst den Seitendruck im Stamme, da, wo der durchschnittene Ast von ihm abgeht, und auch nur dann genau, wenn der Ast unter rechtem Winkel abgeht. Denken Sie sich, in der Röhre *a b* Fig. 17 flösse Wasser mit bedeutender Geschwindigkeit in der Richtung von *a* nach *b*, und die Röhre *c d* wäre rechtwinklig eingesetzt; so wird die Höhe *h*, zu welcher die Flüssigkeit in derselben steigt, genau den Seitendruck in *c* angeben, denn die Flüssigkeitsmoleküle, welche sich hier befinden, würden in die Röhre hineingetrieben werden,

Fig. 17.



wenn der Seitendruck grösser wäre, die Flüssigkeit müsste steigen, so lange bis der Druck, den die gehobene Flüssigkeitssäule hier ausübt, dem Seitendruck das Gleichgewicht hält. Wenn dagegen umgekehrt der Druck der Säule grösser wäre, müsste Flüssigkeit in die Röhre zurückgehen und der Druck der Säule müsste so lange sinken, bis ihm wiederum der Seitendruck das Gleichgewicht hält. Nun denken Sie sich aber die Röhre stünde nicht senkrecht, sondern sei geneigt in die Lage von *c f*; dann kommt nicht allein der Seitendruck in Betracht, sondern es ist noch eine Grösse zu berücksichtigen, welche der Hydrauliker mit dem Namen der Geschwindigkeitshöhe bezeichnet. In den Flüssigkeitstheilchen, die in der Richtung der Röhre fortgetrieben werden, ist ja lebendige Kraft thätig, die gleich ist ihrer Masse multiplicirt mit dem halben Quadrate ihrer Geschwindigkeit. Diese verbleibt ihnen, bis sie auf dem Wege der Reibung oder durch geleistete äussere Arbeit verbraucht worden ist, einfach nach dem Gesetze, das man mit dem Namen des Trägheitsgesetzes zu bezeichnen pflegt. Diese Propulsionskraft in der Richtung *a b* muss ich mir nun zerlegen in zwei Componenten, von denen die eine auf der neuen Stromrichtung *c f* senkrecht steht, und die andere der neuen Stromrichtung parallel liegt. Die auf *c f* senkrechte Componente wird unwirksam, die andere aber wirkt noch mit dazu, die Flüssigkeit in die Röhre *c f* hineinzutreiben. Es wird also hier ein höherer Stand *i* erreicht, als er durch den blossen Seitendruck erreicht worden wäre. Umgekehrt, wenn die Röhre die Lage *g c* gehabt hätte, so würde sich

die Geschwindigkeitshöhe subtrahiren, man würde einen niedrigeren Stand *k* erhalten.

Es ist also nothwendig, dass das Manometer so mit der Arterie verbunden sei, dass es senkrecht in die Wand derselben eingesetzt ist. Ludwig hat dies dadurch bewerkstelligt, dass er am Ende des Manometeransatzes zwei auf einander passende elliptische, und dabei nach der Krümmung der Arterienwand rinnenförmig gebogene Platten anbrachte, zwischen denen die Arterienwand eingeklemmt wurde, nachdem die eine Platte durch einen kurzen Schlitz in das Innere des Gefässes hineingebracht worden war. Später sind auch T-förmige Canülen benützt worden, deren Enden man auf verschiedene Weise mit denen der durchschnittenen Arterien verband.

Das Kymographion ist eines der wichtigsten Werkzeuge des experimentirenden Physiologen geworden und hat seitdem mannigfache Veränderungen und Verbesserungen erfahren, die grösstentheils von Ludwig selbst herrühren. Eine Veränderung besteht darin, dass man die Bewegung des Uhrwerkes auf die Trommel nicht direct, sondern mittelst einer Frictionsscheibe überträgt. Dies gibt die Möglichkeit, bei ein und demselben Gange des Uhrwerks verschiedene Umdrehungsgeschwindigkeiten für die Trommel zu erzielen. Den Gang des Uhrwerks regulirt man jetzt mittelst eines von Foucault erfundenen Centrifugalregulators.

Eine weitere und wichtige Verbesserung besteht darin, dass man sich durch einen Markirungsapparat von jeder Ungleichheit in der Umdrehung des Uhrwerks unabhängig macht. Man hat in demselben zugleich ein Mittel, auch an Bruchstücken einer Umdrehung die Umdrehungsgeschwindigkeit zu messen. Mittelst eines Metronoms, oder eines durch ein Uhrwerk in Bewegung erhaltenen Pendels, wird ein electrischer Strom geöffnet und geschlossen. Beim jedesmaligen Schliessen wird ein Hufeisen von weichem Eisen magnetisch und zieht einen Anker an, der die Marken auf der Trommel aufschreibt. Indem man von diesen Marken Senkrechte gegen die Abscissenaxe der Versuchscurve zieht, kann man dann unmittelbar den Zeitwerth der Abscissen ablesen.

Das Kymographion existirt auch noch in anderer Form. Seit man durch den Markirungsapparat von der gleichmässigen Umdrehungsgeschwindigkeit der Trommel unabhängig geworden ist, hat man angefangen, auf Papier ohne Ende zu schreiben, das passiv von einer Rolle abgewickelt wird. Das Uhrwerk treibt hier zwei andere Rollen, durch welche das Abwickeln besorgt wird.

Ein solches Instrument hat den Vortheil, dass man mit ihm sehr lange Curven zeichnen und also ein und denselben Versuch lange Zeit ohne Unterbrechung fortsetzen kann. So studirt man den Einfluss von Reizungen der Nerven auf den Blutdruck, die Wirkung von Giften u. s. w.

Mittelst des Kymographions hat Ludwig nun zunächst folgende Punkte festgestellt.

Erstens: Der mittlere Druck in den Arterien nimmt langsam von den grossen Arterien gegen die Capillaren hin, dann beim Uebergange aus den Capillargefässen in die Venen plötzlich ab. Er wird auch dann noch immer, wenn auch langsam, geringer, je mehr man sich dem Herzen nähert. Der Grund dafür ist folgender: Denken Sie sich eine horizontal liegende Röhre, die von der einen Seite her durch ein hohes

Standgefäss mit Wasser gespeist wird, und aus der dasselbe am anderen Ende frei ausfliessen kann. Denken Sie sich ferner in diese Röhre von Stelle zu Stelle senkrechte Röhren eingepasst, so wird in diesen das Wasser um so höher steigen, je höher der Seitendruck ist. Das Gewicht der gehobenen Wassersäule ist eben dem Seitendrucke auf ihre Basis gleich. Während nun das Wasser am Ende ausfliesst, wird der Stand in den Steigröhren verschieden hoch sein. Das rührt daher, dass der Stand der Flüssigkeit und somit auch der Seitendruck abhängt einerseit von der vis a tergo, das heisst von dem Drucke, der die Flüssigkeit treibt, und andererseits von dem Widerstande, der noch zu überwinden ist. Denken Sie sich unmittelbar am Ende eine Steigröhre aufgesetzt, so wird in dieser das Wasser nicht aufsteigen können, weil es sich ja gegen den Ort des geringeren Widerstandes bewegen und somit unmittelbar ausfliessen würde. Entfernen wir uns aber von der Ausflussöffnung, so hat das Wasser, um auszufliessen, noch einen Widerstand zu überwinden, der durch die Reibung in dem sich von dort bis zur Ausflussöffnung erstreckenden Röhrenstücke repräsentirt wird. Es wird hier das Wasser so lange in die Steigröhre steigen, bis die Theilchen desselben nicht mehr leichter in dieselbe hineingehoben als in der horizontalen Röhre fortgetrieben werden.

Je weiter wir uns von der Ausflussöffnung entfernen, um so grösser wird also bei gleicher Druckhöhe in dem speisenden Standgefässe der Seitendruck.

Dieselbe Betrachtung lässt sich unmittelbar auf den Kreislauf anwenden.

Wenn das Blut aus dem Herzen kommt, so hat es noch den Widerstand des ganzen Gefässsystemes zu überwinden; es wird also im grossen Kreislauf an der Wurzel der Aorta und im kleinen Kreislauf an der Wurzel der A. pulmonalis der Druck am grössten sein. Je mehr das Blut in dem Arteriensystem fortschreitet, um so weniger Widerstände bleiben ihm zu überwinden übrig, und folglich wird der Seitendruck sinken. Da aber die grossen Arterien verhältnissmässig weite Röhren sind, so wird in ihnen kein grosser Widerstand überwunden, also der Druck sinkt nur langsam. In den kleineren Arterien wird schon ein grösserer Widerstand überwunden und endlich der grösste des ganzen Gefässsystems in den Capillargefässen. Deshalb das plötzliche Abfallen des Druckes, wenn man aus dem Arteriensystem in das Venensystem übergeht. Im Venensysteme findet auch noch eine weitere Abnahme des Druckes statt, weil immer weniger Widerstand zu überwinden übrig bleibt, je mehr man sich dem Herzen nähert.

Zweitens: Es existiren zweierlei Arten von Druckschwankungen, von denen die einen mit den Herzschlägen isochron sind, die andern mit den Respirationsbewegungen. Die Curven, welche das Kymographion zeichnet, bilden also Wellen, deren Linie wiederum kleinere, kürzere Wellen darstellt. Die grossen Wellen entsprechen den Respirationsbewegungen, die kleinen dem Pulse.

Drittens: Die Schwankungen nehmen von der Aorta an gegen die kleineren Arterien fortwährend ab und beim Uebergange in das Venensystem sind sie verschwunden. Natürlich kann man sie mit dem Kymographion nicht bis in die kleinsten Arterien verfolgen, sondern immer

nur bis in die Arterien von mittlerem Kaliber. Unter dem Mikroskope aber kann man sie auch bis in die mikroskopischen Arterien hinein verfolgen, und wir werden später sehen, dass man sich selbst mit blossem Auge am lebenden Menschen überzeugen kann, dass diese Schwankungen noch bis in die Capillaren hineingehen, dass mit jedem Pulsschlage noch die Capillaren stärker gespeist werden.

Dass die kleinen Schwankungen immer mehr abnehmen, je mehr man sich von der Wurzel der Aorta gegen die kleinen Arterien hin bewegt, hängt, wie wir schon früher gesehen haben, mit der Elasticität der Arterien zusammen. Bei den Säugethieren und beim Menschen, die keinen Bulbus arteriosus haben, kann von der Wurzel der Aorta nur eine verhältnissmässig kleine Menge von bewegender Kraft während der Systole aufgespeichert werden, um während der Diastole wieder dienstbar zu sein. Hier werden also die Schwankungen am grössten sein, der Druck wird während der Systole am höchsten getrieben und sinkt während der Diastole verhältnissmässig tief. Je mehr man im Arteriensystem fortschreitet, je grösser also das Stück vom Arterienrohr ist, welches man hinter sich hat, um so grösser ist die Summe der lebendigen Kräfte, welche während der Systole aufgespeichert wurden, und um so grösser ist die Summe der elastischen Kräfte, welche während der Diastole wieder frei werden, um so mehr muss die Differenz der während der Systole und der Diastole erfolgenden Impulse abnehmen. Weniger einfach ist die Sache in Rücksicht auf die Schwankungen, welche mit den Respirationsbewegungen isochron sind. Wir werden später wieder auf sie zurückkommen.

Bestimmung des mittleren Druckes.

Es fragt sich nun weiter, wie man den mittleren Druck im Arteriensysteme bestimmt, da das Kymographion ja nur die höchsten und die tiefsten Punkte und das Auf- und Absteigen des Druckes angibt.

Um den mittleren Druck zu bestimmen, muss man von einem bestimmten Punkte der Wellenlinie ausgehen, hier eine Ordinate errichten, dann muss man, nachdem man nach 1, 2, 3, 4 . . . ganzen Wellen bei einem correspondirenden Punkte (wenn man von einem Maximum ausgegangen ist, bei einem Maximum, wenn man von einem Minimum ausgegangen ist, bei einem Minimum) angekommen, die zweite Ordinate errichten; hierauf das Areal einer Figur bestimmen, welche diese beiden Ordinaten und das dazwischenliegende Curvenstück über der Abscissenaxe begrenzen. Wenn man dieses Areal ermittelt hat, hat man es in ein Rechteck zu verwandeln, dessen Grundlinie das zwischen den beiden Ordinaten abgegrenzte Stück der Abscissenaxe ist. Die Höhe dieses Rechtecks ist dann der halbe mittlere Quecksilberdruck, der halbe, nicht der ganze, weil die Druckhöhen proportional sind der Differenz des Quecksilberniveaus in den beiden Manometerschenkeln, die Ordinaten aber stets gleich der Erhebung in dem einen Schenkel, also gleich der halben Differenz.

Wenn man sich auf der Kymographiontrommel eines in viele kleine gleich grosse Quadrate getheilten Papieres bedient, so kann man die Grösse des Areals annähernd auszählen nach der Anzahl der Quadrate, die auf dasselbe entfallen. Ein anderes Verfahren ist von Volkmann

angewendet worden. Schon die praktischen Geometer des vorigen Jahrhunderts, wahrscheinlich schon die früherer Zeiten, ermittelten Areale, die sich nicht ohne weiteres berechnen liessen, dadurch, dass sie sie in Stanniol ausschnitten und das Stück auf der Wage abwogen. Andererseits wogen sie so und so viel Quadratzoll desselben Stanniols ab und wussten nun, wie viel das Areal, das sie in Stanniol ausgeschnitten hatten, in Quadratzollen betrug. Dasselbe Verfahren hat Alexander von Humboldt angewendet, um die Menge von Wasser und Land zu bestimmen, die es auf der Erdoberfläche gibt. Er nahm Globenkarten, Karten, mit denen die grossen Erdgloben beklebt werden, schnitt an denselben alles überflüssige Papier ab, und trennte dann, immer an der Küste entlang schneidend, Wasser und Land mit der Scheere, wog das jedem von beiden zukommende Papier ab und ermittelte so ihr Verhältniss. Ganz ähnlich machte es nun auch Volkmann bei seinen Versuchen über den Blutdruck. Er bediente sich immer desselben Papiers und wog die Stücke, deren Area ermittelt werden sollte.

Jetzt bedient man sich dazu allgemein des Planimeters. Das erste und noch immer das beste wurde von Weltli erfunden. Es ist dies ein höchst sinnreiches Instrument, welches auf mechanischem Wege integrirt. Ich kann hier nicht näher auf die Construction und die Theorie desselben eingehen. Es ist in Dinglers polytechnischem Journal und in den Sitzungsberichten unserer Akademie vom Jahre 1850 beschrieben und abgebildet. Ich will hier nur bemerken, dass man mit einem Stift sich langsam an den Grenzen der zu ermittelnden Area entlang bewegt und dann schliesslich an dem Instrumente einfach die Grösse der Area abliest, wenn man wieder an dem Punkte angekommen ist, von dem man ursprünglich ausging.

Auf diese Art sind nun die Mittelzahlen für den Seitendruck in den Arterien ermittelt worden. Dieselben sind, je nach den verschiedenen Umständen und je nach der Verschiedenheit des Individuums, grossen Schwankungen unterworfen. Die Zahlen, die ich Ihnen hier aus Ludwigs Physiologie mittheile, dienen deshalb auch nur dazu, etwaige Drucke wie sie im normalen Zustande in Arterien von mittlerem Durchmesser vorkommen können, anzugeben:

beim Pferde	321—110	Millimeter Quecksilber,
beim Schafe	206—98	" "
beim Hunde	172—88	" "
bei der Katze	150—71	" "
beim Kaninchen	90—50	" "

Wenn Sie diese Zahlen ansehen, so werden Sie bemerken, dass im Allgemeinen mit der Grösse des Thieres auch die Grösse des Druckes abnimmt, aber keineswegs im Verhältnisse zur Grösse des Thieres, sondern viel langsamer. Sie müssen eben bedenken, dass hier nicht der Druck gemessen wird, der auf die Wand einer ganzen Carotis vom Pferde, vom Schafe u. s. w. ausgeübt wird, sondern der Druck, welcher auf die Einheit des Areals ausgeübt wird, und dass eben der Querschnitt und mithin auch die innere Oberfläche der Carotis beim Pferde viel grösser ist als beim Hunde, bei der Katze u. s. w., so dass der Unterschied des Gesammtdruckes viel bedeutender ausfällt, als ihn diese Zahlen auf den ersten Anblick zeigen.

Das Bourdon-Fick'sche Kymographion.

Das Instrument, das wir bisher besprochen haben, das Kymographion mit dem offenen Quecksilbermanometer, ist besonders geeignet, um die Mitteldrucke anzugeben und um die grossen und kleinen Schwankungen als solche erkennen zu lassen. Die grossen Schwankungen erkennt man auch im Wesentlichen richtig in ihrer Gestalt, die kleinen dagegen erleiden eine Formveränderung, weil die Quecksilbermasse in dem Manometer ein zu bedeutendes Trägheitsmoment hat. Durch die periodischen Stösse, welche das Quecksilber bekommt, geräth es in pendelartige Schwingungen und gleicht deshalb die kleinen Ungleichheiten und Eigenthümlichkeiten in der Gestalt der Pulswellen aus. Die einzelnen Wellen werden einander ähnlicher, indem die Feinheiten im Aufsteigen und Abfallen verloren gehen. Um dem zu begegnen, hat Fick für unsere Zwecke statt des offenen Quecksilbermanometers das Bourdon'sche Federmanometer angewendet. Denken Sie sich eine Röhre aus dünngeschlagenem Messing, deren Querschnitt ein Kreisabschnitt ist, und die dabei der Länge nach kreisförmig zusammengebogen und an einem Ende mit einem cylindrischen Ansatzstücke versehen ist. Wenn durch dieses eine Flüssigkeit hineingetrieben wird, so wächst der Krümmungshalbmesser der Röhre mit wachsendem Drucke und nimmt ab mit abnehmendem Drucke. Fick versieht das freie Ende mit einem sehr leichten Hebelapparat und lässt das Manometer mit dessen Hilfe auf der Kymographiontrommel schreiben.

Graduirt wird das Instrument vorher auf empirischem Wege, indem man die Drucke, denen man es aussetzt, mittelst des offenen Quecksilbermanometers bestimmt. Das Graduiren ist öfter zu wiederholen, da wegen der unvollkommenen Elasticität des Metalls das Instrument durch den Gebrauch gedehnt wird und die Werthe seiner Anzeigen ändert.

Fick findet mit seinem Instrumente, dass bei den Pulsschlägen der Druck in den Arterien in der Regel mit grosser Geschwindigkeit zu seiner ganzen Höhe ansteigt, dann im Bogen wieder abfällt, dann wiederum rasch zu seiner ganzen Höhe ansteigt, im Bogen wieder abfällt u. s. w. Man muss indessen gestehen, dass für unsere Zwecke auch dieses Manometer nicht ganz vorwurfsfrei ist, indem durch den Druck hier Spannkraft aufgespeichert wird, und diese Spannkraft, wenn der Druck nachlässt, wieder in lebendige Kraft umgewandelt wird, indem das Manometer in seine alte Gleichgewichtsfigur zurückzugehen sucht. Die elastischen Kräfte, vermöge welcher dies geschieht, summiren sich in ihrer Wirkung und fälschen dadurch einigermassen die Figur der Curve. Wir werden aber später sehen, dass uns auch anderweitige Beobachtungen, welche am Pulse des lebenden Menschen gemacht sind, darauf führen, dass in der That bei der Systole des Herzens der Druck im Allgemeinen rasch ansteigt, und dass er, wenn auch nicht gerade in der von Fick gezeichneten Curve, doch langsamer wieder abfällt.

Der Puls.

Wir sind hier darauf geführt, die kleinen Druckschwankungen im Arteriensystem, die synchronisch sind mit den Contractionen des Herzens, am lebenden Menschen zu untersuchen.

Wenn das Blut in die Arterien einströmt, so muss es sich in denselben Raum schaffen, es muss die Arterien erweitern. Dies thut es indem es sie erstens der Dicke nach ausdehnt und zweitens der Länge nach. Nun sind die Arterien an verschiedenen Stellen ihres Verlaufes ungleich befestigt, sie verlaufen dabei im Allgemeinen nicht ganz geradlinig, sondern in Schwingungen. An denjenigen Stellen also, wo sie weniger befestigt sind, biegen sie sich bei ihrer Verlängerung aus, sie machen eine Bewegung. Wenn wir deshalb auf eine oberflächlich liegende Arterie z. B. auf die A. radialis den Finger legen, so fühlen wir vermöge dieser Bewegung die Arterie gegen den Finger anschlagen, und diesen Schlag nennen wir den Pulsschlag. Aus dem Pulse erfahren wir zunächst die Häufigkeit der Contractionen des Herzens. Wir unterscheiden deshalb einen pulsus frequens und einen pulsus rarus, je nach der Anzahl von Schlägen, welche wir in der Minute zählen. Wir finden auf diese Weise, dass die Häufigkeit der Herzcontractionen mit den Lebensjahren abnimmt. Die mittlere Zahl der Pulsschläge ist:

im	1.	Lebensjahre	120
im	2.	„	100
im	3.	„	95
im	3.—6.	„	90—85
im	6.—10.	„	85—80
im	10.—20.	„	80—70
im	20.—50.	„	75—60
im	Greisenalter		60—45.

Man hat gefunden, dass kleine, kurze Leute im Allgemeinen eine etwas grössere Pulsfrequenz haben als langgewachsene, und hat dies mit der Länge der Blutbahnen in Verbindung gebracht.

Die Pulsfrequenz ist aber nicht zu allen Zeiten und unter allen Umständen dieselbe. Abgesehen von den grossen Veränderungen, welche die Pulsfrequenz in Krankheiten erleidet, wird sie durch die körperliche Bewegung gesteigert. Anhaltende und anstrengende Muskelcontractionen vermehren die Pulsfrequenz bedeutend. Zweitens wird die Pulsfrequenz bei vielen Menschen schon durch die Nahrungseinnahme vermehrt, bei allen durch gewisse aufregende und reizende Substanzen, auf die wir hier nicht näher einzugehen haben. Es existirt ferner eine tägliche Periode, in der die Pulsfrequenz abnimmt und zunimmt. Die Curve der absteigenden und die der ansteigenden Pulsfrequenz ist im Allgemeinen der der absteigenden und der der ansteigenden Temperatur ähnlich, nur treten die Maxima und Minima der Pulsfrequenz immer früher ein als die Maxima und Minima der Temperatur. Die Pulsfrequenz ist anscheinend auch abhängig von der Lage des Körpers, indem der Mensch beim Stehen mehr Pulsschläge hat als beim Sitzen und beim Sitzen mehr als beim Liegen. Man hat einen Menschen auf ein Brett gebunden und hat dieses Brett nach und nach aufgerichtet und gefunden, dass mit dem Aufrichten des Brettes, je mehr der Mann in die senkrechte Lage kam, um so mehr sich auch die Pulsfrequenz steigerte, und wiederum gradatim abnahm, wenn das Brett horizontal gelegt wurde. Man kann dies aber wohl nicht als einen reinen Einfluss der Lage des Körpers auffassen, man muss es auch mit der Muskelanstrengung in Zusammenhang bringen, die am geringsten ist beim Liegen, welche grösser

ist beim Sitzen und welche am grössten ist beim Stehen. Der Puls mancher Menschen ist ausserordentlich empfindlich gegen Muskelanstrengung, namentlich der Puls von Reconvalescenten, insonderheit von Typhusreconvalescenten. Es ist bekannt, dass bei Typhusreconvalescenten, wenn sie sich im Bette aufrichten, manchmal in Folge davon eine so auffällige Steigerung der Pulsfrequenz eintritt, dass es für die oberflächliche Betrachtung aussieht, als ob sie wieder fieberten.

Ausser der Frequenz unterscheiden wir die Grösse des Pulses. Mit dem Namen der Grösse des Pulses bezeichnen wir die Grösse der Locomotion, welche die Arterie unter unserem Finger macht, beziehungsweise, wenn sie an der bezüglichen Stelle weniger beweglich ist, die Grösse, um welche ihre Wand vorrückt. Die Grösse der Locomotion muss abhängig sein von der Grösse der Ausdehnung, welche sie erleidet, und diese muss wiederum von der Blutmenge abhängig sein, welche durch eine Herzsystole in das Arteriensystem hineingeworfen wird. Wenn wir also von der Grösse des Pulses sprechen, so sprechen wir von der Menge des Blutes, welches durch eine Herzsystole in das Arteriensystem hineingeworfen wird.

Wir unterscheiden drittens die Schnelligkeit, celeritas, des Pulses. Pulsus celer und pulsus tardus sind nicht zu verwechseln mit pulsus frequens und pulsus rarus. Die Bezeichnungen frequens und rarus beziehen sich auf die Anzahl der Locomotionen in der Minute, die Bezeichnungen celer und tardus aber auf die Geschwindigkeit, mit der die Locomotion ausgeführt wird. Wenn ich die Arterie plötzlich und geschwind gegen meinen Finger anschlagen fühle, so nenne ich dies einen pulsus celer, wenn sie sich aber langsam bewegt, gewissermassen unter meinem Finger anschwillt, so nenne ich das einen pulsus tardus.

Es liegt auf der Hand, dass die Geschwindigkeit der fortschreitenden Bewegung abhängig sein muss von der Geschwindigkeit, mit der das Blut in die Arterien hineingetrieben wird, und diese wieder von der Geschwindigkeit, mit der sich der Ventrikel zusammenzieht. In der Celerität des Pulses beurtheilen wir also zunächst die Geschwindigkeit der Herzcontraction.

Es wird aber die Bezeichnung celer und tardus nicht nur auf die fortschreitende, sondern auf die ganze, also auch auf die rückgängige Bewegung der Arterie bezogen, auf die Schnelligkeit oder Langsamkeit, mit der die Arterie ihre rückgängige Bewegung antritt. Aber diese hängt wiederum ab von der Geschwindigkeit, mit der sich der Ventrikel zusammenzieht. Zieht sich der Ventrikel rasch zusammen, so wird während seiner Contraction der Abfluss aus den Arterien in die Venen noch nicht merklich vermehrt, es wird rasch das Maximum der Ausdehnung der Arterien erreicht und fällt mit dem Aufhören der Contraction ebenso plötzlich wieder ab. Zieht sich aber der Ventrikel langsam zusammen, so tritt gegen das Ende der Contraction, wenn die Blutmenge, welche er in der Zeiteinheit auswirft, schon abnimmt, ein Stadium ein, in welchem ebensoviel Blut aus den Arterien abfliesst, wie er hineintreibt. Indem also die Arterien weder ausgedehnt werden noch zusammenfallen, wird das für den pulsus tardus charakteristische Ruhen der Arterie am tastenden Finger hervorgebracht.

Endlich unterscheiden wir noch die Härte des Pulses. Wenn wir die Härte des Pulses bemessen wollen, legen wir zwei Finger auf die A. radialis und drücken mit dem stromaufwärtsliegenden Finger so lange, bis der stromabwärtsliegende keine Pulsationen mehr fühlt. Aus der Stärke des Druckes, den wir hiezu anwenden müssen, beurtheilen wir die Härte des Pulses. Die Stärke dieses Druckes aber ist abhängig von dem Seitendrucke des Blutes und zwar von dem Maximum des Seitendruckes. Wir messen also in der Härte des Pulses die Maxima des Seitendruckes in der A. radialis. Wenn dieser Seitendruck auf sehr hohe Maxima steigt, dann sagen wir, der Puls sei hart, wenn nur kleine Maxima erreicht werden, dann sagen wir, der Puls sei weich. Die Höhe des Druckes, welche erreicht wird, hängt, wie wir früher gesehen haben, wiederum ab von der Grösse der Triebkraft, welche das Herz aufbringt, und von der Grösse des Widerstandes, welcher zu überwinden ist.

Das sind die Grundqualitäten des Pulses. Wir unterscheiden ausserdem noch eine Reihe zusammengesetzter Qualitäten. Wir unterscheiden z. B. einen pulsus fortis, das ist nichts anderes als ein pulsus magnus et durus, einen pulsus debilis, der nichts anderes ist als ein pulsus parvus et mollis, einen pulsus undosus, das ist ein pulsus magnus et mollis, und ein pulsus contractus, das ist ein pulsus parvus et durus. Man hat weiter einen pulsus vermicularis unterschieden, einen Puls, der klein und dabei sehr frequent ist; dann unterschied man einen pulsus plenus und einen pulsus inanis, gleichsam als ob man mit dem aufgelegten Finger den Füllungsgrad der Arterie direct messen könnte. Ein pulsus plenus ist aber im Grunde nichts anderes als ein pulsus fortis, als ein pulsus magnus et durus; wenn man einen Unterschied zwischen beiden machen will, so kann man sagen, dass beim pulsus fortis mehr Werth auf die Härte, beim pulsus plenus dagegen mehr Werth auf die Grösse des Pulses gelegt wird. Ebenso ist der pulsus inanis wiederum nichts anderes als ein pulsus debilis, das heisst ein pulsus parvus et mollis: man kann nur wiederum sagen, dass beim pulsus debilis mehr Werth auf die Weichheit, beim pulsus inanis mehr Werth auf die Kleinheit des Pulses gelegt wird. Man hat ferner einen pulsus serratus unterschieden; das ist ein pulsus fortis et celer, dessen bildliche Bezeichnung von dem Bilde der Zacken einer Säge herrührt; es erfolgt der Pulsschlag kräftig und dabei plötzlich, mit geschwinder Locomotion gegen den Finger, als ob die Zähne einer Säge unter dem Finger weggezogen würden. Mit dem Namen des pulsus vibrans hat man einen pulsus fortissimus, einen sehr grossen und harten Puls bezeichnet, bei dem man mit jedem Schlage eine vibrirende Bewegung unter dem Finger zu fühlen scheint. Die elastischen Kräfte, welche in einer Arterie aufgespeichert werden, wenn sie durch die hineintretende Blutwelle ausgedehnt wird, sind abhängig von der Grösse der Ausweichung der Arterienwand aus ihrer Gleichgewichtslage und von dem Grade der Spannung, welcher in der Arterie erzeugt wird, also von der Grösse und von der Härte des Pulses. Für gewöhnlich geht nun eine Arterie in ihre Gleichgewichtslage zurück, ohne noch fühlbare Schwingungen um dieselbe zu machen; wenn Sie aber denken, dass die Spannung sich sehr hoch steigert, und die Locomotion sehr bedeutend ist, so ist die Summe der elastischen Kräfte auch eine grössere, und in Folge davon kann die Arterie kleine vibrirende Bewegungen um ihre Gleichgewichtslage machen, und

diese sind es, welche zu der Benennung des pulsus vibrans Veranlassung gegeben haben. Man unterscheidet ferner einen pulsus dicrotus, der aus zwei Schlägen besteht, von denen der erste stärker ist als der zweite. Er kann darauf beruhen, dass die einzelnen Herzcontractionen discontinuirlich werden. Wir werden aber später sehen, dass wenigstens in einem Theile des Arteriensystems auch ein normaler, ein physiologischer pulsus dicrotus existirt, indem wirklich das Blut in Folge jeder einzelnen, auch regelmässigen Contraction zwei Impulse hintereinander bekommt.

Von dem pulsus dicrotus hat man einen andern Doppelschlag unterschieden, bei dem der zweite Schlag stärker ist, und diesen hat man mit dem Namen des pulsus capricans bezeichnet. Ausserdem hat man noch einen pulsus myurus, einen mäuseschwanzähnlichen Puls, unterschieden, der mit einem grossen Schlage anfangend in eine Reihe von immer kleiner werdenden Schlägen ausläuft, bis wieder eine kräftige Herzcontraction kommt, der wieder schwächere und schwächere folgen u. s. w. Einen Puls, in dessen Intervallen sich keine strenge Regelmässigkeit, kein Rhythmus auffinden lässt, bezeichnet man als pulsus irregularis. Gewöhnlich sind hier auch die einzelnen Schläge ungleich stark, indem meistens auf eine längere Pause eine kräftigere Herzcontraction folgt. Einen Puls, der an einer Arterie mehr oder weniger Schläge zeigt als an einer anderen, bezeichnet man als pulsus differens. Die Angaben über den pulsus differens sind im Allgemeinen alt. In neuerer Zeit, da man mehr Einsicht in das Wesen des Pulses bekommen hat, kommt auch dieser pulsus differens nicht mehr zur Beobachtung. Eine Reihe von Angaben über den pulsus differens beziehen sich darauf, dass an einer Arterie doppelt so viel Schläge zu fühlen gewesen seien, als an einer anderen. Offenbar hat man es mit einem Zustande zu thun gehabt, in dem jeder zweite Herzschlag stärker war, und deshalb an einzelnen Arterien noch alle Herzschläge zu fühlen waren, an andern Arterien dagegen nur noch jeder zweite. Endlich unterscheidet man die Asphyxie, die Pulslosigkeit, das heisst den Mangel eines fühlbaren Pulses. Ich muss Sie aber darauf aufmerksam machen, dass die Pulslosigkeit keineswegs ein Zeichen ist, dass das Herz sich nicht mehr contrahire, sondern dass es nur ein Zeichen ist, dass entweder ein locales Hinderniss vorhanden sei, welches Pulslosigkeit an einer oder der andern Arterie hervorruft, oder dass das Herz sich, wenn überhaupt, sehr schwach contrahire. Sehr schwache Herzcontractionen bringen keinen fühlbaren Puls mehr hervor, auch solche nicht, welche durch die Auscultation noch deutlich wahrgenommen werden können. Die Pulslosigkeit im praktischen Sinne des Wortes ist deshalb kein signum mortis, es muss immer erst das Herz auscultirt werden, es muss immer untersucht werden, ob nicht mittelst des Gehörs noch Herzcontractionen wahrzunehmen sind.

Die Sphygmographen.

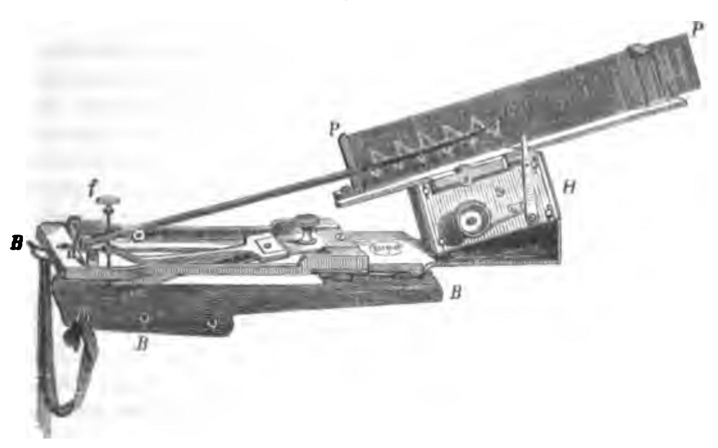
Man hat eine Reihe von Vorrichtungen ersonnen, um mit exacteren Hülfsmitteln, als es der fühlende Finger ist, den Puls zu untersuchen. Hérisson band eine nach unten trichterförmig erweiterte Glasröhre mit einer Kautschuklamelle zu und füllte Quecksilber hinein, setzte dann das Ganze auf die A. radialis und sah nun, dass das Quecksilber in hüpfende

Bewegung gerieth. Diese Vorrichtung ist kaum zu etwas anderem gut, als einem grösseren Auditorium gleichzeitig die Frequenz des Pulses zu zeigen.

Den ersten schreibenden Pulsmesser hat Vierordt aufgebaut. Er bestand in einem Hebelwerke, welches mit einer Schreibfeder versehen war, die auf einer Ludwig'schen Kymographiontrommel schrieb. Später hat Marey einen Sphygmographen construirt, welcher mehr in Gebrauch

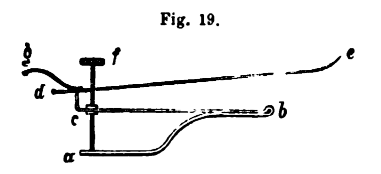


Fig. 18.



gekommen ist, weil die schreibende Vorrichtung ein geringeres Trägheitsmoment darbietet als das Vierordt'sche Hebelwerk, und zweitens, weil das Marey'sche Instrument leichter zu appliciren ist und leichter damit gearbeitet wird. Es ist Fig. 18 nach der Zeichnung abgebildet, die Marey in Brown Séquards Journal de la physiologie gegeben hat. *d e* ist ein einarmiger sehr leichter Hebel, der mittelst einer durch eine Schraube verstellbaren Pelotte aus Elfenbein mit der A. radialis in Verbindung gebracht wird. Die Art, wie dies geschehen kann, ist in Fig. 19 schematisch dargestellt. *a b* und *c b* sind in *b* federnd mit einander verbunden. In *a* ist die Pelotte, *c* überträgt ihre Bewegung auf den Hebel, die Schraube *f* dient dazu, *e* und *d* zu nähern oder von einander zu entfernen, je nachdem dies nöthig ist, um dem Hebel die zum Schreiben nöthige Stellung zu geben. *g* ist eine

Fig. 19.



Feder, die den Hebel wieder herabdrückt, wenn er durch *c* gehoben worden ist. *P P* Fig. 18 ist eine berusste Glasplatte, welche durch ein Uhrwerk *H* in Bewegung gesetzt wird. Auf ihr schreibt der sich bewegende Hebel eine Curve, deren Ordinaten freilich nicht geradlinig, sondern kreisbogenförmig sind. Um das Ganze nun am Arme zu befestigen, ist es mit einem aus Schienen bestehenden Gerüste *B B B* verbunden, das durch Ringe und Bänder am Arme festgemacht wird. Der Vortheil dieses Instrumentes ist, dass man es ganz auf dem Arme, wie ein Stück einer Rüstung befestigt, und zweitens, dass der Hebel sehr leicht ist und des-

halb ein geringes Trägheitsmoment hat. Es hat aber in seiner ursprünglichen Form noch einen Uebelstand. Dem Hebel wird leicht seine schnellende Bewegung ertheilt, vermöge der er sich trotz der Feder *g* von *c* abhebt, dann zurückfällt und sich ein zweites Mal hebt. Es wird hierdurch ein unechter Pulsus dicrotus verzeichnet. Um dem abzuhelfen ist von **Mach** die Anordnung so getroffen, wie sie Fig. 20 zeigt, in der die Platte in *c* mit dem Hebel *e f* durch ein Gelenkstück *c d* untrennbar verbunden ist. Eine andere Construction, gleichfalls von **Mach**, ist in Fig. 21 dargestellt. Hier ist der Hebel *h* durch eine in Charniergelenken bewegliche Stange *f a* untrennbar mit der Pelotte verbunden, und die Einstellung desselben zum Schreiben wird dadurch bewirkt, dass man seinen festen Punkt mittelst der Schraube *i* nach Bedürfniss höher oder tiefer stellt. Eine den gleichen Zweck erfüllende Einrichtung befindet sich an den Sphygmographen, die jetzt aus **Breguet's** Atelier hervorgehen. Hier befindet sich an der Axe des Schreibhebels eine kleine Scheibe, in deren Circumferenz die Gänge einer Schraubenmutter eingeschnitten sind, und in diese greifen die Gänge einer Schraube, die mit der Pelotte drehbar, aber sonst fest verbunden ist. Wenn man die Schraube dreht, stellt man zugleich den Schreibhebel höher oder niedriger.

Fig. 20.

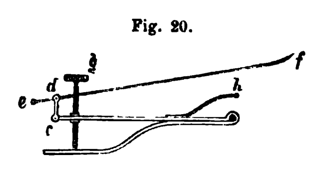
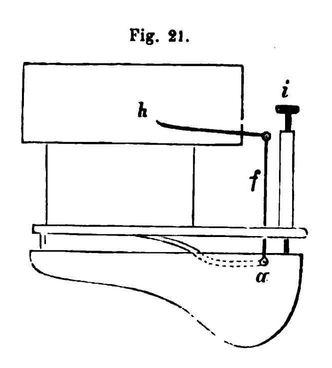


Fig. 21.

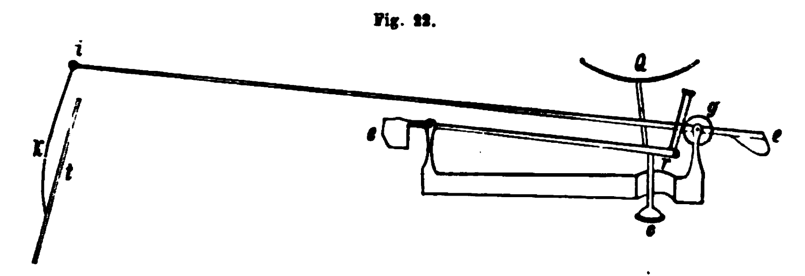


Ausser diesem Sphygmographen sind noch andere Vorrichtungen zur Untersuchung des Pulses angegeben worden. **Czermak** klebt ein Glimmerplättchen auf die Haut und beobachtet einen darin gespiegelten Lichtpunkt mittelst der Lupe, oder er steckt mittelst einer Nadel, die unter die Epidermis geführt wird, einen leichten Glasspiegel, ein versilbertes Deckgläschen, auf die A. radialis und lässt davon ein Strahlenbündel an die Wand oder an einen entfernten Schirm reflectiren. Das hat den grossen Vortheil, dass das Trägheitsmoment des Instrumentes äusserst gering ist, und zugleich die Bewegung im vergrösserten Massstabe wiedergegeben wird.

Er schlug auch vor, die Photographie zur Fixirung solcher auf einen Schirm projicirten Curven zu benützen. Ferner hat **Landois** ein Gassphygmoskop angegeben, welches darin besteht, dass eine flache Metallrinne luftdicht über der A. radialis auf den Arm aufgebunden wird. In diese wird das Gas unter constantem Druck eingeleitet und wieder hinausgeleitet durch ein in eine dünne Spitze auslaufendes Röhrchen. Die Ausströmungsöffnung ist sehr klein, und somit entsteht beim Anzünden eine sehr kleine Flamme, die steigt und zusammenfällt, je nachdem der Pulsschlag unter der Rinne das Ausströmen des Gases beschleunigt oder verzögert. Er hat ausserdem ein schreibendes Instrument construirt, das er Angiograph nennt, und das in seiner Lehre vom Arterienpulse durch die beistehende Fig. 22 abgebildet ist.

Sie müssen sich die Bewegung der Glastafel *t*, auf der geschrieben wird, senkrecht auf der Ebene des Papiers denken; dann ist die übrige Construction leicht verständlich. *c* ist die auf der Radialis liegende Pelotte,

Fig. 22.



die zunächst den Hebel *e r* bewegt, der durch auf die Schale *Q* gelegte kleine Gewichte nach Bedürfniss herabgedrückt wird, und durch die Zahnstange das Zahnrad *g* und durch dieses den Schreibhebel *e i* in Bewegung setzt, der mittelst einer durch Scharniergelenk befestigten, leicht gebogenen Nadel *k* auf der Platte *t* schreibt.

Capillarpuls.

Es fragt sich nun, wie weit reicht der Arterienpuls in das Gefässsystem hinein? Man hat häufig bei mikroskopischen Untersuchungen an lebenden Thieren Gelegenheit sich zu überzeugen, dass selbst in den kleinsten, mikroskopischen Arterien das Blut noch eine Beschleunigung während der Systole erleidet. H. Quincke hat ferner beobachtet, dass man die Folgen dieser Beschleunigung während der Systole noch an der Speisung der Capillargefässe wahrnehmen kann; so dass es also in der That noch einen Capillarpuls gibt, wenn derselbe auch nicht fühlbar ist. Die Röthe, welche durch die Nägel hindurchscheint, rührt zwar nicht ausschliesslich, aber doch zum grössten Theile von den darunterliegenden Capillargefässen her. Die kleinen Arterien und die kleinen Venen haben daran einen geringeren Antheil, namentlich ist der Antheil der kleinen Arterien sicher sehr gering. Man hat nun nicht selten Gelegenheit zu beobachten, dass bei gewissen Stellungen der Finger sich auf dem Nagel ein weisser Fleck ausbildet, ein Fleck, an dem die Unterlage, das Nagelbett, nicht so roth durchscheint, wie durch den übrigen Theil des Nagels. Wenn man ein solches Feld längere Zeit ansieht, so ist es gar nicht selten, dass man beobachtet, wie es sich synchronisch mit dem Pulse verkleinert. Das ist natürlich nichts anderes als ein Capillarpuls, indem die Capillaren unter dem Einflusse der Herzsystole stärker mit Blut gespeist werden, und dadurch dieser weissliche Fleck sich einengt.

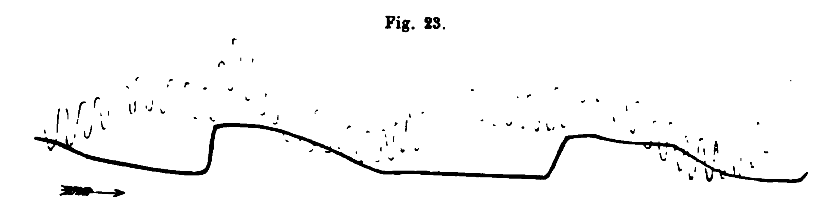
Die Respirationsschwankungen im arteriellen Blutdruck.

Wir haben schon früher gesehen, dass abgesehen vom Pulse noch andere Druckschwankungen im Arteriensysteme existiren, welche isochron sind mit den Respirationsbewegungen. Erst Ludwig allein und dann Ludwig und Einbrodt haben diese Schwankungen studirt, indem sie

ein Manometer in die Carotis und ein zweites Manometer in die Thoraxwand einsetzten. Der Einsatz des zweiten Manometers war an und für sich unten offen, aber mit einem Kautschukbeutelchen zugebunden. Hiemit wurde es durch einen Zwischenrippenraum in den Thorax eingesenkt und zeigte die Druckschwankung in demselben an, indem diese auf das Quecksilber im Kautschukbeutelchen wirkten, das direct in die Quecksilbermasse des Manometers überging.

Beide Manometer trugen Schwimmer, welche auf ein und derselben Kymographiontrommel schrieben. Man erhielt so Doppelcurven, von denen

Fig. 23.



beispielsweise eine in der Fig. 23 dargestellt ist. Die starke Linie gibt den Respirationsdruck, die feinere Linie den Blutdruck an. Beim Uebergange von der Inspiration zur Exspiration steigert sich der Druck im Thorax ganz plötzlich. Die entsprechenden Stellen sind in der Fig. 23 leicht zu erkennen. Bei der Inspiration muss der Druck im Lungenraume unter dem atmosphärischen sein, denn sonst könnte die Luft aus der Atmosphäre nicht in die Lunge einströmen. Bei der Exspiration muss er höher sein als der atmosphärische, damit die Luft ausströme. Auf der Grenze beider tritt also eine plötzliche Steigerung ein. Während die Luft ausfliesst, nimmt der Druck ganz allmälig ab. Dann folgt die Inspiration, während welcher der Druck weiter abnimmt, um dann mit zunehmendem Einströmen der Luft wieder fast stationär zu werden, bis er sich mit beginnender Exspiration von neuem plötzlich steigert. Wenn Sie hierbei die dazugehörige Pulscurve betrachten, das heisst die Curve, die das Manometer zeichnete, welches in der Carotis steckte, und welche die feinere Linie unserer Fig. 23 wiedergibt, so sehen Sie, dass die Maxima während der Exspiration erreicht wurden; dann fällt aber schon während derselben die Curve ab und erreicht ihr Minimum, während der Thorax inspiratorisch erweitert wird. Dann fängt sie noch während der Inspiration wieder an zu steigen, erreicht aber ihr Maximum erst, nachdem die Exspiration begonnen hat.

Früher wurde diese Erscheinung folgendermassen erklärt. Beim Beginne der Exspiration erhöht sich plötzlich der Druck in der Brusthöhle bedeutend. Diese Erhöhung des Druckes muss den propulsatorischen Kräften des Herzens zu gute kommen, denn der Druck sucht ja das Blut aus den Gefässen innerhalb des Thorax in die Gefässe ausserhalb des Thorax zu treiben und daher das Ansteigen des Blutdruckes auf das Maximum. Dann tritt aber ein Abfallen ein während der Exspiration, weil das Herz, da das Blut aus den Körpervenen weniger frei nachfliesst, schlechter gespeist wird, und weil seine Schläge seltener werden, wie dies die Pulscurve Fig. 23 zeigt. Das Minimum wird während des Actes der inspiratorischen Erweiterung erreicht, weil während derselben der Druck auf die Gefässe innerhalb der Brusthöhle rasch abfällt, also nun

die Einwirkung, welche früher den propulsatorischen Kräften des Blutes zu gute gekommen ist, ihnen entgegenwirkt. Mit abfallendem Drucke aber wird das Herz wieder besser gespeist, und seine Contractionen werden wieder häufiger. Dadurch steigt der arterielle Druck wieder, während die Inspirationsphase noch dauert, und wird dann durch die beginnende Exspiration auf sein Maximum getrieben.

Es hat sich aber gezeigt, dass die Respirationsschwankungen eine viel complicirtere Erscheinung sind, als man früher glaubte, dass man in der Schlagfolge, in der Speisung des Herzens, in den Druckverhältnissen im Thorax nicht alle Factoren in der Hand hatte, welche für die Respirationsschwankungen in Betracht kommen. Im Jahre 1865 fand Traube, dass, wenn man ein Thier mit Curare vergiftet, ihm die Vagi und Sympathici durchschneidet, eine Weile künstliche Respiration einleitet und dann diese unterbricht, der Blutdruck sehr stark in die Höhe geht, dabei aber langsame Schwankungen, Wellen, macht. Er brachte dies schon in Zusammenhang mit der Erregung des Centralnervensystems, welche durch das bei der Erstickung an Kohlensäure reich werdende Blut entsteht, und Ludwig und Thiry fanden später, dass, wenn man bei der künstlichen Respiration ein Gemenge von atmosphärischer Luft und Kohlensäure statt der gewöhnlichen atmosphärischen Luft athmen lässt, dann der Blutdruck sich steigerte, und zwar fanden sie die Ursache der Steigerung in einer Zusammenziehung der kleinen Arterien. Es war also eine Erregung auf die Arterien selbst oder auf ein ihre Contractilität beherrschendes Nervencentrum ausgeübt worden. Dieser Erklärung schloss sich dann auch Traube an und erklärte die von ihm beobachtete Erscheinung dahin, dass durch das kohlensäurereiche Blut die Medulla oblongata in der Weise erregt wird, dass periodische Schwankungen in der Innervation der kleinen Arterien eintreten, so dass der Blutdruck im Ganzen steigt, aber nicht gleichmässig ansteigt, sondern mit Schwankungen, mit Wellen. In neuerer Zeit hat nun Hering diesen Gegenstand wieder untersucht, und er ist ebenso wie Ludwig und Thiry zu dem Resultate gekommen, dass das Ansteigen des Druckes und die Druckschwankungen von rhythmischen Zusammenziehungen der kleinen Arterien herrühren. Er fand, dass die Erscheinung ganz unabhängig vom Herzen sei, er konnte die Schwankungen noch beobachten, wenn er einer Katze das Herz abgebunden hatte und wenn er ihr mittels einer kleinen Pumpe Hundeblut in die Aorta einpumpte. Er fand aber weiter, dass diese Schwankungen isochron seien mit den Respirationsbewegungen, so dass wir also hier bei der Beurtheilung der Druckschwankungen, welche von den Respirationsbewegungen abhängen, dieselben nicht mehr ausschliesslich aus den mechanischen Verhältnissen innerhalb des Thorax und aus der Speisung des Herzens erklären dürfen, sondern dass wir auch die rhythmische Zusammenziehung der kleinen Arterien, welche mit jedem Athemzuge, nach den übereinstimmenden Resultaten von Traube, Ludwig, Thiry und Hering eintritt, mit in Rechnung ziehen müssen.

Druckverhältnisse im Venensystem.

Auch der Blutdruck in den Venen lässt sich mittelst des Kymographions untersuchen und ist auch damit untersucht worden. Der

Manometereinsatz für die Venen unterscheidet sich nur etwas von dem für die Arterien. Es muss immer ein Röhrchen als solches eingesetzt werden, weil die weiche Venenwand sonst zusammenfällt, während die Arterie ihr Lumen selbstständig offen hält. Es ist aber hier von keiner Bedeutung, bestimmte einzelne Zahlen, bestimmte Druckhöhen, welche in den Venen gefunden worden sind, anzugeben, weil diese Druckhöhen so ausserordentlich verschieden sind, nicht nur nach dem Orte des Venensystems, den man untersucht, sondern auch nach den Umständen, unter welchen man diesen Ort untersucht. Es ist bekannt, dass, wenn man einem kräftigen Manne eine Aderlassbinde umlegt und ihm dann eine Vene anschlägt, das Blut hoch hinaufspritzt, als ob man eine Arterie angeschlagen hätte, nur dass es eben nicht im hüpfenden Strahle wie aus der Arterie springt, sondern im continuirlichen Strahle hoch aufsteigt. Wenn man die Venen nach Anlegung der Binde ansieht, so findet man, dass sie zu starken Strängen angeschwollen sind, man findet sie prall und hart. Alles dieses zeigt übereinstimmend, dass das Blut jetzt in den Venen unter einem sehr hohen Seitendrucke stehe, einem ähnlich hohen wie in den Arterien. Dies ist auch leicht begreiflich; denn der Druck in den Venen ist ja nur deshalb im Allgemeinen so viel niedriger als in den Arterien, weil nur noch ein sehr geringer Widerstand bis zum Herzen zu überwinden ist. Wenn Sie durch die Aderlassbinde die Vene comprimiren, so stellt ja das Rohr der Vene mit den Arterien, aus welchen es gespeist wird, ein System von communicirenden Röhren ohne Abfluss dar, es muss also aus den Arterien so lange Blut zufliessen, bis der Druck in den Venen ebenso hoch gesteigert ist, wie in den Arterien: erst dann kann die Bewegung aufhören. Mit dieser Drucksteigerung durch noch zu überwindende Widerstände hängt es auch zusammen, dass die Venen der verschiedenen Körpertheile sehr verschieden gefüllt sind, je nach der Stellung dieses Körpertheiles. Wenn Sie eine Hand herabhängen lassen und sehen sie dann an, so finden Sie die Venen angelaufen, einfach deshalb, weil hier dadurch, dass das Blut noch bis zur Schulterhöhe hinaufgehoben werden sollte, ein Widerstand gesetzt ist. Wenn Sie dagegen die Hand hinaufheben und sehen jetzt die Venen an, so finden Sie, dass sie relativ leer sind, weil nun das Blut durch seine eigene Schwere gegen die Schulter hinabrinnt und deshalb durch die Triebkraft, durch die vis a tergo, kein besonderer Widerstand zu überwinden ist. Damit hängt es zusammen, dass das Gesicht eines Menschen sich röthet, dass es endlich blauroth wird, wenn man ihn mit dem Kopfe nach abwärts befestigt. Damit hängt es zusammen, dass diejenigen Handwerker, welche, wie die Tischler und Bäcker, viel stehend arbeiten müssen, Ausdehnungen an den Venen der Beine bekommen, weil auf deren Wänden beim Stehen ein grösserer Druck lastet als beim Sitzen und beim Liegen, wenn auch die Klappen noch den Rückfluss des Blutes hindern. Es wird ja eine bedeutendere Triebkraft verlangt, um das Venenblut bis zum Herzen in die Höhe zu treiben. Andererseits kann aber auch der Druck in den Venen so gering werden, dass wir ihn als negativ bezeichnen müssen, das heisst als negativ in dem Sinne, dass der Druck, den die atmosphärische Luft von aussen ausübt, grösser ist. Das kommt bei grossen Venen, die in der Nähe des Herzens liegen, vor oder, richtiger gesagt, an Stellen des Venensystems,

an welchen das Blut nicht weit mehr vom Herzen entfernt ist, denn je näher es dem Herzen ist, um so geringer ist der Widerstand, der noch zu überwinden ist. Es hat dieser Gegenstand eine praktische Wichtigkeit, weil, wenn eine solche Vene verletzt wird, die Gefahr vorhanden ist, dass Luft von aussen her in das Innere der Vene eindringe, und hierdurch den Tod herbeiführe. Wenn man einem Pferde Luft in die Vena jugularis einbläst, so stürzt es bald darauf um und verendet nach kurzen Krämpfen. Hunde vertragen im Verhältniss zu ihrer Grösse mehr, gehen aber doch auch, wenn eine gewisse Quantität überschritten wird, rettungslos zu Grunde. Ebenso ist es auch beim Menschen. Der Tod erfolgt hier dadurch, dass die Luft in das Herz und vom Herzen in die Aeste der A. pulmonalis gelangt. Sie bildet dann in den kleinsten Arterien und den Lungencapillaren einen Widerstand, durch welchen eine solche Störung des Lungenkreislaufs eintritt, dass der Tod die unmittelbare Folge davon ist. Jeder praktische Anatom sucht, wenn er eine Partie des Gefässsystems einspritzen will, so viel als möglich alle Luft vor der Spritze zu entfernen, weil die feinen Luftbläschen, wenn sie in die Capillaren hineingetrieben werden, ein unübersteigliches Hinderniss für das Fortschreiten der Injection sind. Gerade so geht es auch hier in den Lungen, wo eben der Lungenkreislauf, wie gesagt, in der Weise gestört wird, dass in kurzer Frist der Tod eintritt.

Es tritt also an uns die Frage heran, in welchen Venen kann der Druck negativ werden, und in welchen Venen wird er am leichtesten negativ, ist am meisten Lufteintritt zu befürchten? Zunächst ist es das Gebiet der Vena cava superior und der Jugularvenen. Die meisten Beobachtungen über Eintritt der Luft sind bei den Aderlässen gemacht worden, die man früher an den Jugularvenen machte. Hier wirken zwei Momente zusammen: die Bewegung des Blutes nach abwärts und die Aspiration gegen den Thorax hin, welche die Folge seiner inspiratorischen Erweiterung ist. Wenn man kurz hinter einander und in gleichen Zeitabständen Kugeln von einer Höhe herunterfallen lässt, so bleiben sie nicht in gleichen räumlichen Abständen. Je länger eine Kugel schon gefallen ist, um so weiter hat sie sich von den ihr zunächst folgenden entfernt. Das ist, wie Sie leicht einsehen, die einfache Folge der Gesetze des freien Falles, die einfache Wirkung der beschleunigenden Kraft der Erdschwere. Dieselben Gesetze auf Flüssigkeiten angewendet ergeben, dass sich ein Wasserstrahl, der von der Höhe herunterfällt, in seiner unteren Partie in Tropfen auflöst. Die unteren bereits stärker beschleunigten Wassermassen reissen sich von den oberen erst schwächer beschleunigten los. Geht das Fallen in einer geschlossenen Röhre vor sich, so muss durch die Tendenz zum Abreissen negativer Druck erzeugt werden, und, wenn sich in der Röhre eine Seitenöffnung befindet, so wird Luft eintreten und mit der fallenden Flüssigkeit fortgerissen werden; so geschieht es in dem alten Wassertrommelgebläse, dessen Princip von Bunsen auf seinen jetzt in allen Laboratorien eingeführten Filtrirapparat angewendet worden ist. Beim Wassertrommelgebläse fällt das Wasser in einer hohen Röhre, in deren Wand Seitenöffnungen schräg von aussen und oben nach unten und innen verlaufend angebracht sind, durch diese wird die Luft hereingerissen, die, von dem Wasser in grossen Blasen fortgeführt, den Wind kessel speist und endlich zur Düse hinausgetrieben wird.

Also das Fallen der Flüssigkeitsmasse, ihre Bewegung von oben nach unten ist an und für sich schon ein begünstigendes Moment für die Erzeugung von negativem Druck. Dazu kommt bei der Jugularis noch die Beschleunigung, die das Blut durch die jedesmalige Inspiration erfährt. Bei der Inspiration sinkt ja der Druck in der Brusthöhle unter den atmosphärischen, es muss also das Blut nachgesaugt werden, wie aus derselben Ursache die Luft durch die offene Stimmritze aspirirt wird. Man hat deshalb mit Recht die Regel gegeben, dass der comprimirende Daumen beim Aderlasse an der Jugularis niemals weggenommen werden darf, ehe nicht der Verband angelegt worden ist, damit keine Gelegenheit für den Lufteintritt in die Jugularis geboten werde.

Wo kann ausserdem noch Luft eintreten? Offenbar auch noch in die Axillarvene, denn sie liegt noch nahe genug beim Herzen, dass bei der Inspiration der Druck hier negativ werden könne. In der That ist auch schon Lufteintritt in dieselbe beobachtet worden. Es soll aber auch Lufteintritt an den Venen der unteren Extremitäten beobachtet worden sein. Die Beschreibungen sind nicht von der Art, dass man sich sicher davon überzeugt halten kann. Es heisst die Luft sei eingetreten mit einem pfeifenden oder sausenden Geräusche. Das entspricht nicht den gewöhnlichen Wahrnehmungen, denn wenn man Thiere durch Lufteintritt tödtet, so hört man immer ein schlürfendes Geräusch, begreiflich, weil die Luft sich gleich mit dem Blute mischt. A priori ist es einigermassen unwahrscheinlich, dass in Venen der unteren Extremität Luft eindringe, da der Druck in der Bauchhöhle höher ist, als der atmosphärische, und die Luft in den Venen der Beine doch erst die Venen der Bauchhöhle zu passiren hätte, ehe sie zum Herzen gelangen würde.

Dagegen ist mir eine ganz unzweifelhafte Beobachtung bekannt, nach der Luft aus den Venen des Uterus in das Herz eingedrungen, vom Herzen in die Lunge gelangt war und so den Tod veranlasst hatte. Es liess sich bei der Obduction der Weg der Luft genau verfolgen bis in das schaumige Blut im Herzen und in den Lungen. Hier ist wahrscheinlich die Luft im Uterus eingeschlossen gewesen. Daselbst waren wahrscheinlich die Gase durch Zersetzungsprocesse entstanden, und es hatte sich ein viel grösserer Druck als der atmosphärische ausgebildet, so dass es dadurch möglich war, dass die Luft die Venen der Bauchhöhle passiren und so endlich in das Herz und in die Lunge gelangen konnte.

Bei der Exspiration steigt der Druck innerhalb des Thorax über den atmosphärischen. Aus demselben Grunde, aus dem früher bei der Inspiration der Blutlauf in den grossen Venen beschleunigt wurde, muss jetzt der Blutlauf in eben diesen grossen Venen gehindert werden, es muss eine vorübergehende Stauung entstehen. Die Klappen in den Venen hindern zwar bis zu einem gewissen Grade das Zurückschieben des Blutes, aber der Abfluss des Blutes bleibt gehindert, und da vom Arteriensystem durch die Capillaren fortwährend Blut nachfliesst, so muss im Venensystem eine relative Ueberfüllung entstehen, welche sich bis in die Capillaren hinein fortpflanzt. Also auch die Capillaren haben Druckschwankungen, nicht nur solche, welche synchronisch sind mit den Contractionen des Herzens, und die wir bereits bei Gelegenheit des Capillarenpulses kennen gelernt haben, sondern auch solche, welche von den Respirationsbewegungen abhängen. Aber diese letzteren Druckschwankungen in den Capillaren sind nicht

identisch mit den Schwankungen, welche die Respirationsbewegungen im Arteriensysteme begleiten, denn die Zusammenziehung der kleinen Arterien, die den Druck im Arteriensysteme steigert, bewirkt ja, dass das Capillarsystem in dieser Zeit schlechter gespeist wird als vorher, während andererseits eine Rückwirkung von den Venen aus stattfindet, die wir eben kennen gelernt haben. Mit den Druckschwankungen, welche im Capillarsysteme stattfinden, und mit der damit verbundenen periodisch wachsenden und periodisch abnehmenden Blutfülle hängen die Hirnbewegungen zusammen, welche man bei penetrirenden Schädelwunden direct wahrnimmt, welche man aber auch an jedem Kinde sehen kann, bei dem die Fontanellen noch nicht verknöchert sind, indem man die Haut in der Fontanelle periodisch auf und nieder gehen sieht. Man muss erwarten, dass, wenn die Fontanellen einmal verknöchert sind, und also das Gehirn in eine feste, unnachgiebige Kapsel eingeschlossen ist, dann diese Bewegungen nicht mehr in derselben Weise von statten gehen können, und das hat auch Donders durch die directe Erfahrung bestätigt gefunden, indem er einem Kaninchen ein Stück der Schädeldecke wegnahm und statt dieses ein Glastäfelchen einsetzte.

Wenn schon bei jeder ruhigen Exspiration der Druck in der Brusthöhle steigt, und dadurch der Rückfluss des Blutes gehindert sein muss, so ist das begreiflicher Weise in noch viel höherem Grade der Fall, wenn irgend ein Hinderniss für die Exspiration eintritt. Ein solches Hinderniss kann künstlich gesetzt werden, z. B. durch ein Blasinstrument, eine Trompete, die vor den Mund genommen wird. Beim Hineinblasen wird, weil ein grosser Druck im Thorax erzielt werden muss, der Rückfluss des Blutes in den grossen Venen und speciell auch in den Venen des Kopfes gehindert, und daher das geröthete und gedunsene Gesicht, das beim angestrengten Blasen entsteht. Es tritt aber auch periodisch ein solches Hinderniss beim Husten ein, weil beim Husten die Stimmritze krampfhaft verschlossen ist, und dieser Verschluss durch eine heftige Exspirationsanstrengung jedesmal durchbrochen werden muss. Deshalb steigt den Leuten, wie sie sich ausdrücken, beim Husten das Blut zu Kopf, wenn sie sich im Dunkeln befinden, sehen sie Funken, sie werden roth im Gesichte, das Gesicht schwillt an, wird gedunsen, und bei der Tussis convulsiva treten nicht selten Zerreissungen kleiner Gefässe in der Conjunctiva und Nasenbluten ein. Nachdem die Krankheit einige Zeit bestanden hat, bildet sich aus gleicher Ursache Oedem unter den Augenlidern aus. Man kann daher in einer Keuchhustenepidemie die Kinder, welche von der Krankheit befallen sind, erkennen, ohne dass man sie husten hört, lediglich aus dem Oedem, das sie unter den Augenlidern haben, eventuell auch aus kleinen Blutergüssen unter der Conjunctiva.

Welchen Einfluss haben die Herzcontractionen auf den Blutdruck im Venensystem? Wir haben gesehen, dass die Wirkung der Systole, welche durch das Arteriensystem fortgepflanzt wird, ihr Ende in den Capillaren erreicht, dass von da an das Blut in den Venen continuirlich fliesst. Andererseits haben aber die Herzbewegungen einen Einfluss auf den Blutlauf in den grossen Venen, welche in das Herz einmünden, auf den Blutlauf in der oberen und unteren Hohlvene und offenbar auch, worüber nur die Erfahrungen fehlen, in den Lungenvenen. Dass das Herz einen Einfluss auf den Blutlauf in den Hohlvenen hat, davon kann man

sich überzeugen, wenn man einem Hunde durch die Vena jugularis einen Katheter hinabsenkt, welchen man mit einem Kautschukrohre verbunden hat, an dem sich wieder eine Glasröhre befindet, die in ein Glas mit gefärbter Flüssigkeit hineintaucht. Da findet man, dass die Flüssigkeit mit hüpfenden Bewegungen in die Glasröhre hineinsteigt, man findet, dass diese Bewegungen dieselbe Periode haben wie der Puls, und dass die Erhebungen zeitlich zusammenfallen mit der Systole des Ventrikels. Das ist die sogenannte Herzaspiration. Ihr Grund ist folgender: Denken Sie sich das Herz in eine knöcherne Kapsel eingeschlossen, die von den hereintretenden Venen und den heraustretenden Arterien durchbohrt wird. Dann müsste, wenn das Herz sich zusammenzieht, da kein leerer Raum zwischen ihm und der Kapsel entstehen kann, in derselben Zeit, während welcher der Ventrikel sich entleert, dieselbe Blutmenge durch die Venen in den Vorhof nachfliessen. Es würde unter diesen Umständen, wie Sie leicht einsehen, die Ventricularcontraction in nichts Anderem bestehen als darin, dass die Grenze zwischen Vorhof und Ventrikel nach abwärts geht, in ganz ähnlicher Weise, wie wir es beim Frosche an dem im Herzbeutel eingeschlossenen Herzen gesehen haben. Es würde also durch die Ventricularsystole gerade soviel Blut aus den Venen nachgesaugt werden, als durch die Arterien zu derselben Zeit ausgetrieben wird.

Nun ist das Herz nicht in eine knöcherne Kapsel eingeschlossen, aber es ist von einer häutigen Kapsel umgeben, welche noch anderweitige Befestigungen hat, kurz, die Umgebung des Herzens gibt bei der Contraction der Ventrikel nicht ohne jeglichen Widerstand nach, und, indem dieser Widerstand überwunden werden soll, muss der Druck in dem Vorhofe plötzlich sinken, es muss also auch Blut aus den Venen nachströmen, aus den Venen aspirirt werden.

Wenn nun aber die Menge dieses aspirirten Blutes, eben weil die Umgebung des Herzens nachgiebig ist, nicht so gross ist, wie die Menge, welche in derselben Zeit ausgetrieben wird, so sehen Sie leicht ein, dass das Herz nicht zu allen Zeiten gleich gross ist, dass das Herz am grössten ist, am meisten Blut enthält, unmittelbar vor der Systole der Ventrikel, und dass es am kleinsten ist, am wenigsten Blut enthält, unmittelbar nach der Systole der Ventrikel. Diese beiden Zustände belegt Ceradini mit den Namen der Auxocardie und der Meiocardie, und er hat durch einen sinnreichen Versuch gezeigt, dass sich beide direct am lebenden Menschen wahrnehmen lassen. Es gehört dazu nur Jemand, der seine Athembewegungen sistiren kann, ohne die Stimmritze zu schliessen. Einem solchen drückt man ein Nasenloch leicht zusammen, nachdem man ihm in das andere mittelst eines Stöpsels ein kleines U-förmig gebogenes Rohr eingesetzt hat, in dem sich ein flüssiger Index, ein Tropfen gefärbter Flüssigkeit, befindet. Dann wird bei jeder Systole des Herzens dieser Tropfen angezogen, und während der Diastole des Herzens geht er wieder zurück, einfach deshalb, weil die Zusammenziehung, die Verkleinerung des Herzens während der Systole bei sistirten Athembewegungen den Druck in der Brusthöhle hinreichend verändert, um dies am Index wahrnehmbar zu machen, oder richtiger gesagt, weil diese Druckdifferenzen erzeugt werden durch das mit den Herzphasen wechselnde Verhältniss zwischen der Blutmenge, die durch die Arterien die Brusthöhle verlässt, und der Blutmenge, welche durch die Venen in die Brusthöhle zurückkehrt.

Venenpuls.

Unter welchen Umständen können Venen pulsiren? Venen pulsiren erstens, wenn sie anomaler Weise mit einer Arterie in Verbindung gesetzt sind, wenn z. B. beim Aderlass am Arme die Arterie mit verletzt worden ist, und die beiden Wunden so zusammenheilen, dass eine Communication zwischen Arterie und Vene entsteht. Das Blut der Arterie wird in die Vene herübergetrieben, die Aeste der Vene werden durch den höheren Druck ungewöhnlich ausgedehnt, aber sie sind nicht nur ausgedehnt, sondern sie pulsiren auch, weil jetzt das Blut von der Arterie aus stossweise hineingeworfen wird.

Andererseits kann aber auch das Venensystem in grösserer Ausdehnung pulsiren. Das geschieht bei Insufficienz der Valvula tricuspidalis. Dabei wird das Blut, welches in die A. pulmonalis getrieben werden soll, zum grossen Theile in den Vorhof zurückgetrieben, es wirkt von hier aus auf das Blut in den Venen, und so entsteht ein Rückstoss im Hohlvenensystem, der anfangs nur bis zu den ersten Klappen reicht, der aber später, indem er die Venen erweitert — es tritt ja eine Stauung in den Venen ein — die Klappen insufficient macht, und so sich auf den grössten Theil des Hohlvenensystems fortpflanzt. Es sind gar nicht selten Fälle beobachtet worden, bei denen das Pulsiren sich bis auf die Venen des Handrückens verfolgen liess, während die Jugularvenen dem Auge als ein Paar grosse pulsirende Geschwülste an den Seiten des Halses erscheinen.

Druckverhältnisse im kleinen Kreislauf.

In ähnlicher Weise, wie man die Druckverhältnisse im Körperkreislauf untersucht hat, hat man auch die Druckverhältnisse im Lungenkreislauf untersucht. Aber die Untersuchung ist hier ausserordentlich viel schwieriger, und man kommt nicht zu so sicheren Resultaten. Auf die Blutbewegung in den Lungen hat die Respirationsbewegung und der Druck innerhalb des Thorax einen sehr wesentlichen Einfluss, und es ist eben sehr schwer, den Druck in der A. pulmonalis zu untersuchen, ohne dass man den Luftdruck im Thorax wesentlich verändert. Sie sehen leicht ein, dass, wenn man die Brusthöhle eröffnet und nun in die blossgelegte A. pulmonalis ein Manometer einsetzt, dass dann die Bedingungen nicht entfernt mehr denjenigen gleichen, welche während des Lebens vorhanden sind, und andererseits hat es grosse Schwierigkeit, durch die Thoraxwand hindurch ein Manometerrohr in die A. pulmonalis einzusetzen. Schliesslich ist auch damit noch nicht alles erreicht, indem wiederum das Instrument ein Hinderniss für die Respirationsbewegungen ist und so die Bedingungen, unter denen der Druck untersucht wird, von der Norm entfernt. Als Mittel hat man bei Kaninchen 22 Mm. Quecksilber, bei Katzen 17 Mm. und bei Hunden 29 Mm. gefunden. Bei gleichzeitiger Untersuchung des Druckes in der Carotis fand sich derselbe bei Kaninchen viermal, bei Katzen fünfmal, bei Hunden dreimal grösser. Eines haben also alle Versuche bestätigt, dass der Druck in der A. pulmonalis unter allen Umständen sehr viel geringer ist, als der Druck in der Aorta und in den Körper-

arterien. Das hängt einerseits zusammen mit dem geringeren Widerstande, welchen die kleine Blutbahn darbietet, und andererseits mit der entsprechend geringeren Propulsionskraft des rechten Herzens. Schon die relative Dünnheit des rechten Ventrikels, die relative Dünnheit der Wände der A. pulmonalis und der Semilunarklappen an der Wurzel der A. pulmonalis musste mit Sicherheit darauf führen, dass der Druck in der A. pulmonalis viel geringer ist als der Druck in der Aorta.

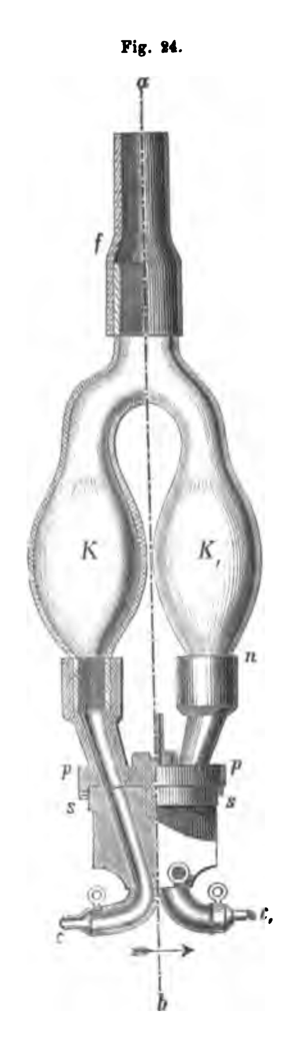
Es ist die Frage aufgeworfen worden, ob das Blut leichter durch die zusammengefallene oder durch die ausgespannte Lunge hindurchfliesse. Man findet bei Vivisectionen, dass, wenn man die künstliche Respiration einstellt, und die Lunge zusammenfällt, der linke Ventrikel an Blut verarmt, und der rechte sich nicht mehr gehörig vom Blute entleert. Versuche, welche H. Quincke in neuerer Zeit über diesen Gegenstand angestellt hat, ergeben, dass es nicht sowohl darauf ankommt, ob die Lunge ausgedehnt oder zusammengefallen ist, als vielmehr darauf, welcher Druck auf den Capillaren lastet, dass einmal durch die ausgebreitete Lunge das Blut leichter hindurchgehen kann, wenn sie, wie dies bei der normalen Inspiration der Fall ist, dadurch ausgedehnt worden ist, dass der Druck in der Thoraxhöhle vermindert wurde, dass aber andererseits auch durch die entwickelte Lunge das Blut schwerer hindurchgehen kann als durch die zusammengefallene, wenn oben die Luft durch die Luftröhre eingepresst wird, statt in den Thorax eingesaugt zu werden.

Geschwindigkeit des Blutstromes.

Unsere ganze Kenntniss von der Geschwindigkeit des Blutstromes beschränkt sich auf Daten aus dem grossen Kreislaufe, indem der kleine Kreislauf uns in dieser Beziehung mit Ausnahme der Lungencapillaren der Amphibien unzugänglich ist. Die Geschwindigkeit, mit welcher das Blut sich in den Capillargefässen bewegt, ist an der Schwimmhaut des Frosches zuerst gemessen worden, und zwar mit ziemlich übereinstimmenden Resultaten von Ernst Heinrich Weber und von Valentin. Es hat sich hier herausgestellt, dass ein Blutkörperchen in den Capillaren der Froschschwimmhaut während einer Secunde wenig mehr als einen halben Millimeter Weglänge zurücklegt. Es ist dies auf den ersten Anblick überraschend für den, der eben unter dem Mikroskope die anscheinend so grosse Geschwindigkeit gesehen hat, mit der sich die Blutkörperchen fortbewegen. Man muss aber nicht vergessen, dass die Geschwindigkeit gleich ist dem Raume dividirt durch die Zeit, und dass das Mikroskop den Raum, wenigstens scheinbar, vergrössert, dass es aber die Zeit nicht vergrössert. Bei den Säugethieren ist die Geschwindigkeit etwas grösser. Volkmann fand, dass im Mesenterium eines jungen Hundes die Blutkörperchen in der Secunde einen Weg von acht Zehntheilen eines Millimeters zurücklegten. Die Geschwindigkeit in den Arterien ist viel grösser. Sie ist zuerst von Volkmann mittelst seines sogenannten Haemodromometers untersucht worden, einer langen in zwei Schenkel U-förmig umgebogenen Glasröhre, deren Enden mit den durchschnittenen Enden einer Arterie verbunden wurden, und an der Vorrichtungen angebracht waren, vermöge welcher es möglich wurde, die Zeit des Eintrittes und des Austrittes des hindurchströmenden Blutes genau zu beobachten. Ein anderes Instrument

für unseren Zweck hat Vierordt erfunden und Haemotachometer genannt. Es besteht in einem Kästchen, durch welches der Blutstrom geleitet wird und ein Pendel ablenkt. Aus der Ablenkung des Pendels wird auf die Geschwindigkeit des Blutstromes geschlossen, und zu diesem Zwecke wird das Instrument vorher empirisch graduirt, indem man defibrinirtes Blut mit wechselnder Geschwindigkeit hindurchleitet, und die bei verschiedenen Ablenkungen des Pendels in der Zeiteinheit durchfliessenden Mengen misst. Endlich hat Ludwig in neuerer Zeit ein Instrument construirt, welches den Namen der Ludwig'schen Stromuhr führt, und das auf dem Principe der Aichung beruht. *K K* Fig. 24 sind zwei Gefässe, die geaicht sind, das heisst, deren Inhalt genau bekannt ist, und welche oben mit einander communiciren. *K* ist im Aufriss, $K_,$ in äusserer Ansicht dargestellt. Sie stecken unten offen in einer Scheibe *p p*, die auf einer anderen Scheibe *s s* luftdicht aufgeschliffen und drehbar ist. Durch diese letztere communiciren die Arterieneinsätze *c* und $c_,$ mit den Gefässen *K* und $K_,$. Nachdem man die metallenen Röhrenstücke und das Glasgefäss $K_,$ mit Blut gefüllt hat, füllt man *K* von *f* aus mit Oel. Ist nun die Richtung des Blutstroms von *c* nach $c_,$, so füllt sich *K* mit Blut, das das Oel vor sich hertreibt und in $K_,$ hinüberdrängt, während das darin enthaltene Blut bei $c_,$ ausfliesst. Sobald das Oel bei *n* ankommt, dreht man die Kugeln um 180° um die Axe *a b*, so dass *K* an die Stelle von $K_,$ kommt. Nun wird das Oel wieder aus $K_,$ verdrängt und nach *K* geschoben und so fort. Aus der Zahl der Wendungen, die man vorgenommen hat, berechnet man die Blutmenge, welche während einer gegebenen Zeit durch das Instrument gegangen ist. Schon Volkmann fand bei seinen Untersuchungen mit dem Haemodromometer für die mittlere Stromgeschwindigkeit in der Carotis des Hundes sehr weit von einander abweichende Werthe; Werthe von 205—357 Mm. in der Secunde. Bei den Versuchen, die später Dogiel mit der Stromuhr von Ludwig anstellte, hat es sich auch wieder gezeigt, dass in der That die Stromgeschwindigkeit in den Arterien in sehr hohem Grade variirt, und von sehr verschiedenen Umständen abhängig ist; so dass es nicht möglich ist, für ein bestimmtes Thier und eine bestimmte Arterie eine mittlere Stromgeschwindigkeit auch nur mit annähernder Genauigkeit anzugeben.

Fig. 24.

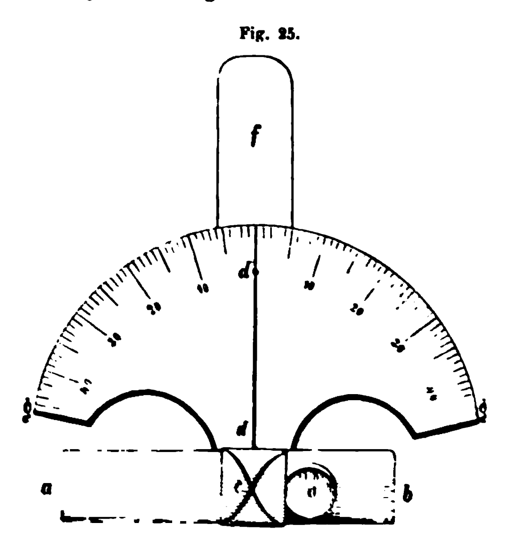


Aber Eines geht doch aus allen Versuchen hervor, dass die Stromgeschwindigkeit in den grossen Arterien ausserordentlich viel grösser, 200 bis 300mal grösser, als die Stromgeschwindigkeit in den Capillaren ist. Was

heisst das? Das heisst nichts anderes, als dass der Querschnitt der Capillaren, die Breite des Strombettes in den Capillaren 200 bis 300mal grösser ist, als der Querschnitt des Strombettes in den grossen Arterien. Die einzelnen Blutbahnen verengern sich am meisten in den Capillaren, indem sie so eng werden, dass die Blutkörperchen nur in einfacher Reihe hintereinander fortrücken: aber die Summe, der Gesammtstromquerschnitt, ist in den Capillaren bei Weitem am grössten. Wenn man von der Aorta anfängt und die Summe der Querschnitte ihrer Aeste zusammenaddirt, so findet man, dass diese schon grösser sind, als der Querschnitt der Aorta, und überall, wo man die Querschnitte von zwei Arterienästen, in die sich ein Stamm gablig theilt, durchmisst, findet man, dass die Summe dieser beiden Querschnitte grösser ist, als der Querschnitt des Stammes, aus dessen Spaltung sie hervorgegangen sind. Es nimmt also die Breite des Strombettes von der Wurzel der Aorta an im Arteriensysteme fortwährend zu, sie nimmt um so mehr zu, je mehr Theilungen erfolgen und endlich erfolgt die rascheste Zunahme beim Uebergange in das Capillarsystem. Vom Capillarsystem aus nimmt der Querschnitt in den Venen erst schnell, dann langsam wieder ab, erreicht aber niemals wieder das Minimum, welches er am Anfange des Arteriensystems hatte: denn wenn Sie sich den Querschnitt der oberen und der unteren Hohlvene zusammengelegt denken, so erhalten Sie eine viel grössere Area, als sie der Querschnitt durch die aufsteigende Aorta bietet. Hieraus geht hervor, dass die Stromgeschwindigkeit in den Venen wieder zunimmt im Vergleiche mit der in den Capillaren, dass aber die mittlere Stromgeschwindigkeit in den Venen niemals so gross wird, wie sie in den grossen Arterien war.

Wenn Ludwig's Stromuhr wesentlich dazu diente, die mittlere Stromgeschwindigkeit zu ermitteln, so ist ein anderes Instrument von Chauveaux erfunden worden, welches hierzu weniger geeignet ist, dafür aber die periodischen Veränderungen in der Stromgeschwindigkeit des Arteriensystems sichtbar macht. Dieses Instrument besteht in einer dünnen Röhre von Blech, Fig. 25 *ab* die bestimmt ist, in den Verlauf einer durchschnittenen Arterie eingeführt zu werden. Sie hat eine kleine rechteckige Oeffnung, über welche eine dünne Lamelle von vulkanisirtem Kautschuk *c* gebunden ist. Durch diese und die rechteckige Oeffnung wird die platte Nadel *dd* eingeführt, die aus ihrer senkrechten Lage um so stärker abgelenkt wird, je grösser die Stromgeschwindigkeit im Rohre *ab* ist. *gg* ist ein Gradbogen, an dem diese Ablenkung abgelesen wird, *f* eine Handhabe und *o* eine Tubulatur, die entweder verstopft oder nach Bedürfniss mit einem Mano-

Fig. 25.



meter in Verbindung gesetzt werden kann. Vor dem Gebrauche wird das Instrument empirisch graduirt, indem man defibrinirtes Blut durch dasselbe hindurchtreibt, und die bei verschiedenen Nadelablenkungen in der Zeiteinheit durchgehenden Mengen misst. Hierauf wird es in die Arterie eingesetzt. Das von Chauveaux construirte war seinen Dimensionen nach für die Carotis des Pferdes bestimmt, und seine Versuche sind auch an dieser gemacht worden. Es zeigte sich, dass die Nadel die grösste Ablenkung erreicht durch die Contraction des Ventrikels, dass dann aber, wenn die Contraction des Ventrikels nachlässt, die Geschwindigkeit plötzlich abfällt und die Nadel unmittelbar vor dem Verschluss der Semilunarklappen ganz oder nahezu auf Null zurückgeht. Das hängt damit zusammen, dass in diesem Augenblicke in der Aorta eine rückläufige Bewegung stattfindet. In dem Augenblicke, in welchem der Ventrikel erschlafft, sollen sich ja die Semilunarklappen schliessen. Die Semilunarklappen liegen aber zu dieser Zeit an der Wand der Aorta, und eine Portion Blut liegt zwischen ihnen und an der Seite der Klappen, welche dem Ventrikel zugewendet ist. Diese Portion Blut muss also nothwendig in den Ventrikel zurückfallen, denn die Klappen haben ja keine eigene Bewegung, sondern sie haben nur passive Bewegung, indem sie die Bewegung des Blutes mitmachen. Erst wenn diese Portion Blut in den Ventrikel zurückgefallen ist, werden die Klappen sich vollständig geschlossen haben. Nun kann aber diese Portion Blut nicht in den Ventrikel zurückkehren, ohne dass nicht die Blutsäule in der Aorta theilweise eine rückläufige Bewegung machte. Es existirt also im Aortensysteme ein Moment, in welchem das Blut leichter gegen das Herz hin, als gegen die Capillaren hin ausweicht, und das ist der Moment, in dem die Geschwindigkeit in der Carotis ganz oder nahezu Null wird, die Nadel auf ihren Nullpunkt zurückkehrt. Sind die Klappen einmal geschlossen, dann weicht das Blut nicht mehr gegen das Herz hin aus, die elastische Zusammenziehung der Arterien dauert aber fort, das Blut bekommt also im Arteriensystem jetzt einen zweiten Impuls, und dieser ist es, welcher den physiologischen, den normalen pulsus dicrotus hervorbringt. Dieser zweite Impuls treibt das Blut wieder fort, die Geschwindigkeit erreicht wieder ein Maximum, das aber unter dem ersten Maximum steht, und dann sinkt sie wieder bis zum Beginne der neuen Systole. Die Zahlen, welche Chauveaux mit seinem Instrumente gefunden hat, sind folgende: Die Geschwindigkeit im ersten Maximum beträgt in der Carotis des Pferdes im Mittel 52 Cm., die im zweiten Maximum beträgt im Mittel 22 Cm. und von da sinkt die Geschwindigkeit auf etwa 15 Cm. in der Secunde, um sich dann wieder mit der neuen Systole auf 52 Cm. zu steigern. Durch äussere Umstände wird die Geschwindigkeit leicht geändert, namentlich bringt das Fressen eine bedeutende Steigerung hervor.

Die Dauer des Kreislaufes.

Eine andere Frage ist die, in welcher Zeit vollendet sich der Kreislauf? Wie lange dauert es, dass das Blut, welches von einem Punkte ausgeht, wieder an denselben Punkt zurückgelangt ist? Darüber existiren Versuche von Hering. Er stellte sie an Pferden in der Weise an, dass er in die eine Jugularvene einen kleinen Trichter einsetzte, und, indem er

sie unter dem Trichter comprimirte, in den letzteren Blutlaugensalz eingoss und dann dasselbe auf ein gegebenes Zeichen in die Jugularvene eintreten liess. Die andere Jugularis wurde angeschlagen, und in Zeiten von fünf zu fünf Secunden wurden Proben von dem ausfliessenden Blute genommen. Dasselbe wurde hinterher mit Eisenchlorid untersucht und auf diese Weise ermittelt, wann die erste Portion blutlaugensalzhältigen Blutes wiederum in der andern Jugularis angekommen war. Es zeigte sich, dass der Kreislauf sich in 25 bis 30 Secunden, manchmal auch noch früher vollendete.

Der Herzstoss.

Wir haben jetzt die Mechanik des Kreislaufes so weit kennen gelernt, dass wir uns mit einem in physiologischer Hinsicht zwar unscheinbaren, aber praktisch wichtigen Gegenstande beschäftigen können, nämlich mit dem Herzstosse und mit den Herztönen. Der Herzstoss wird verschieden definirt. Einige bezeichnen den Herzstoss als den Choc, welchen die Hand empfindet, wenn sie auf die Herzgegend aufgelegt wird, Andere bezeichnen den Herzstoss als die Hervortreibung eines Rippenzwischenraumes durch das Herz, oder, wie sie sich gewöhnlich ausdrücken, durch die Herzspitze. Es handelt sich darum, zu ermitteln, was hier vorgeht, und in welcher Weise das Herz die Brustwand in Bewegung setzt, beziehungsweise einen Zwischenrippenraum hervorwölbt. Man hat den Herzstoss zu beschreiben und zu erklären gesucht nach Beobachtungen, welche theils an Thieren gemacht worden sind, denen man die Brusthöhle öffnete, theils an Thieren oder Menschen, bei denen entweder das Herz unmittelbar zugänglich war, oder doch in den knöchernen Theilen der Thoraxwand ein solcher Defect vorhanden war, dass die untersuchende Hand nur durch häutige Bedeckungen vom Herzen getrennt war. Ehe man aber das hier Beobachtete verwerthet, muss man sich klar machen, dass in allen diesen Fällen ausnahmslos die Herzbewegung nicht so von Statten ging, wie sie im normalen Zustande vor sich geht. Wenn Sie das Herz eines Frosches anfangs so blosslegen, dass es noch im Herzbeutel eingeschlossen ist, und dann die vordere Wand des Herzbeutels wegnehmen, so werden Sie den grossen Unterschied nicht verkennen können, der in der ganzen Gestalt der Herzbewegung sofort eintritt. Die normalen Widerstände, welche die freie Bewegung des Herzens einschränken, üben einen wesentlichen Einfluss auf die ganze Gestalt dieser Bewegungen aus. Wenn ein Theil dieser Widerstände weggenommen, oder wenn sie alle weggeräumt sind, sieht man die Herzbewegungen nicht so, wie sie in Wirklichkeit stattfinden, man sieht sie anders. Nichtsdestoweniger werden wir uns doch die Bewegung, welche das ungehemmte Herz macht, anschaulich machen müssen, um die Bewegung des gehemmten Herzens im lebenden, im normalen Zustande zu verstehen.

Wenn das Herz in der Diastole angefüllt ist, so bietet seine erschlaffte Wand trotz der Anfüllung einen geringen Widerstand, und auch die Vorhofsystole ändert daran nicht viel, weil die Muskulatur der Vorhöfe eine verhältnissmässig schwache ist, und sie auch bei ihrer Zusammenziehung keinen wesentlichen Widerstand findet. Anders verhält es sich aber von dem Augenblicke an, wo sich die Muskulatur der Ventrikel zusammenzieht. Von diesem Augenblicke an wird das Blut in

dem Herzen unter einen Druck gesetzt, der sich so hoch und höher steigert, als das Maximum des Druckes in der Aorta ist, denn nur dadurch, dass der Druck im Herzen grösser ist, als in der Aorta, fliesst ja das Blut aus dem Herzen in die Aorta hinein. Das Herz hat dabei einen wesentlichen Widerstand zu überwinden, nämlich der linke Ventrikel den Widerstand des ganzen grossen Kreislaufes, der rechte den des ganzen kleinen Kreislaufes. Von dem Augenblicke an wird das Herz prall, und es wird mit nicht unbedeutender Gewalt in eine neue Lage einzutreten suchen. Diese ist aber nicht ausschliesslich abhängig von der neuen Gestalt des Herzens, sondern auch von der Lage und Gestalt der grossen Arterien, an denen das Herz aufgehängt ist, und diese wird wiederum dadurch verändert, dass das Herz Blut in dieselben hineintreibt. Indem das Herz sich zusammenzieht, verkleinert es sich auch. Es hat das Maximum an Grösse im Beginne der Systole, das Minimum am Ende der Systole. Es strebt dabei einer bestimmten neuen Gestalt zu, der Gestalt des contrahirten leeren Herzens. Wie unterscheidet sich diese von der Figur des vollen Herzens? Nach den Untersuchungen, welche Ludwig und Andere darüber angestellt haben, ändert sich der Ventrikel bei seiner Zusammenziehung so, dass er erstens kürzer wird, zweitens dass sein Querdurchmesser abnimmt, dass das Herz also schmäler wird; der dritte Durchmesser, der Durchmesser von vorn nach hinten, ändert sich am wenigsten. Die wesentliche Verkleinerung des Herzens findet also statt im Längendurchmesser von der Basis nach der Spitze und im Durchmesser von rechts nach links. Wenn man sich dabei noch oben eine Schnittebene durch die Atrioventriculargrenzen gelegt denkt, so bildet sowohl das sich contrahirende volle, als das contrahirte leere Herz mit seinen Ventrikeln einen Kegel, dessen Basis jene Schnittebene, dessen Spitze die Herzspitze ist, und dessen nach hinten und unten gewendete auf dem Zwerchfell ruhende Seite abgeflacht ist.

Mit der Systole hebt sich die Herzspitze von links und hinten nach vorn und rechts. Das Herz macht dabei vermöge seiner Befestigung an der Aorta und der A. pulmonalis und der Art und Weise, wie diese umeinander gedreht sind, eine leichte Axendrehung, die schon Kürschner beobachtete und beschrieb.

Diese Bewegung muss in dem Augenblicke beginnen, in dem die Systole beginnt und sich im Laufe derselben vollenden. Mit dem Ende derselben fällt das Herz erschlafft zurück und folgt theils dem Drucke der umgebenden Theile, theils dem des einerseits von den Vorhöfen aus, andererseits durch die Coronarien eintretenden Blutes.

In dieser systolischen Bewegung ist nun das Herz durch die Thoraxwand relativ gehindert, und, indem die Thoraxwand diese Bewegung theilweise hindert, wird sie durch das sich contrahirende Herz erschüttert, sie fängt den Choc des Herzens auf. Man hat gesagt, das Herz bringt den Stoss hervor, indem es gegen die Thoraxwand anschlägt. Wenn das Herz gegen die Thoraxwand anschlagen sollte, so müsste es sich erst vorher von der Thoraxwand entfernen können; das kann es aber nur sehr bedingungsweise. Ein leerer oder ein mit Flüssigkeit gefüllter Raum zwischen dem Herzen und dem Thorax existirt nie. Sie wissen, dass die Menge der Herzbeutelflüssigkeit im normalen Zustande so gering ist, dass das Herz sich nicht frei in derselben bewegen kann, sondern dass alle Bewegungen des Herzens nur

unmittelbar an der Wand des Herzbeutels stattfinden. Sie wissen ferner, dass der Herzbeutel durch Bindegewebe mit der vorderen Wand des Thorax verbunden ist, dass aber allerdings dieses Bindegewebe verschiebbar ist, und dass ein Theil der linken Lunge bald mehr zwischen das Herz und die Thoraxwand eindringt, bald sich mehr zurückzieht. Die Lage des Herzens im Thorax ist deshalb eine andere in der Inspiration, in welcher sich die Lunge mehr vorschiebt, und in der Exspiration, bei welcher sie mehr zurückgeht. Sie ist eine andere, wenn das Individuum auf dem Rücken liegt, indem dann die Schwere des Herzens dasselbe von der Thoraxwand abzieht, sie ist eine andere, wenn das Individuum nach vorneüber liegt, so dass also die Schwere des Herzens dasselbe gegen die Thoraxwand anlegt. Ein Zurückgehen und ein Anschlagen des Herzens gegen die Thoraxwand kann im eigentlichen Sinne des Wortes nie stattfinden, sondern nur ein Erschüttern der Thoraxwand, welcher das Herz anliegt.

Man hat ferner gesagt: das Herz bringt seinen Stoss hervor, indem es mit der Spitze nach abwärts stösst. Ob das Herz mit der Spitze nach abwärts stösst, das lässt sich nicht allgemein entscheiden, es lässt sich auch nicht speciell bei einem einzelnen Individuum sagen, solange dasselbe intact ist, solange man an demselben nicht experimentirt, wie man an Menschen nicht experimentiren darf. Die Sache ist folgende. Wenn das Herz sich zusammenzieht, werden die Ventrikel kürzer, zugleich treibt es aber Blut in die A. pulmonalis und in die Aorta hinein. Die Räume dieser beiden Gefässe werden nicht nur nach der Dicke, sondern auch nach der Länge ausgedehnt. Dadurch, dass das Herz sich verkürzt, würde die Herzspitze nach aufwärts rücken; dadurch, dass die grossen Gefässe sich verlängern, würde das Herz nach abwärts rücken. Es handelt sich also darum, wie sich bei den einzelnen Thieren und bei den einzelnen Menschen diese beiden Verschiebungen compensiren. — Wenn man bei einem Hunde einen Schlitz in die Bauchwand macht und den Finger unter das Diaphragma einführt, so hat man allerdings das Gefühl, als ob das Herz bei jeder Systole nach abwärts gegen den Finger anstiesse: Versuche aber, die ich an einem Kaninchen angestellt habe, haben zu einem andern Resultate geführt. Ich stecke durch die Zwischenrippenräume feine Nadeln mit der Spitze bis in das Herzfleisch hinab. Dann neigen sich mit der Systole der Ventrikel diese Nadeln um so mehr gegen das Kopfende des Thieres, je näher sie den Ostien stecken. Die Nadel in der Herzspitze neigt sich nicht. Sie macht nur bei jeder Systole eine leichte zitternde Bewegung. Das heisst nichts anderes als: Alle Theile des Ventrikels bewegen sich während der Systole nach abwärts, nur die Herzspitze nicht. Sie bewegen sich um so mehr nach abwärts, je näher sie den Ostien liegen. Hier wird also die Verlängerung der grossen Gefässe durch die Verkürzung des Ventrikels genau compensirt. Im Augenblicke, wo das Thier stirbt, legen sich alle Nadeln nach abwärts, sie neigen sich mit ihren Köpfen dem Fussende des Thieres zu, die in der Herzspitze am wenigsten, und die, welche den Ostien am nächsten steckt, am meisten. Das Herz ist jetzt erschlafft, die grossen Arterien entleeren sich, und in Folge ihrer Entleerung und vermöge ihrer Elasticität contrahiren sie sich, und Aorta und Carotiden zerren den Ventrikel gegen das Kopfende des Thieres hin aus. Das ist auch der Zustand, in dem Sie in allen Leichen das menschliche Herz vorfinden. Sie finden in keiner Leiche das Herz in seiner

natürlichen Lage, sondern Sie finden immer die arteriösen Ostien in unnatürlicher, in einer dem Leben nicht entsprechenden Weise nach aufwärts gezerrt, wegen der Zusammenziehung der grossen Arterien nach dem Tode.

Ob also das Herz mit seiner Spitze nach abwärts stösst, kann man nicht mit Bestimmtheit behaupten, und wenn man es von einem Menschen wüsste, würde man es darum noch nicht von allen wissen, weil hier möglicher Weise individuelle Verschiedenheiten vorkommen können. Nach den anatomischen Verhältnissen ist es nicht wahrscheinlich, dass sich beim Menschen die Herzspitze während des Verlaufes der Systole nach abwärts bewegt. Insofern ein Spitzenstoss stattfindet, findet er also voraussichtlich im ersten Momente der Systole statt, in dem Momente, wo sich die Ventrikel um ihren Inhalt spannen, aber noch keine in Betracht kommende Blutmenge ausgetrieben ist.

Wodurch wird nun die Kraft für den Herzstoss aufgebracht? Die Kraft für den Herzstoss wird offenbar durch das Herz selbst aufgebracht. Das Herz erschüttert die Brustwand dadurch, dass es bei seiner Contraction seine Lage zu verändern sucht und dabei ein harter Körper wird, und das geschieht wiederum dadurch, dass es beim Austreiben des Blutes in das Arteriensystem einen bedeutenden Widerstand findet. Die Propulsionskraft des Herzens einerseits und andererseits der Widerstand, den das Herz beim Austreiben des Blutes findet, sind die Factoren, vermöge welcher der Druck im Herzen in die Höhe getrieben wird. Es sind ganz dieselben Factoren, durch welche der Druck in den Arterien in die Höhe getrieben wird. In der That bilden ja während der Systole des Herzens, während die Semilunarklappen offen sind, Herz und Arterien einen und denselben Hohlraum und der Herzstoss ist nichts Anderes als der Pulsschlag des Herzens.

Die Herztöne.

Es existiren bekanntlich zwei Herztöne, von denen der erste mit der Systole des Ventrikels zusammenfällt und der zweite der Systole nachfolgt. Als die Ursache des ersten Herztones muss man zunächst die Spannung der Klappen und der Sehnenfäden in Anspruch nehmen. Wenn Sie ein Tuch plötzlich zupfend anspannen, so gibt es einen Ton; das geschieht dadurch, dass das Gewebe in Schwingungen um seine Gleichgewichtslage versetzt wird. Ganz dasselbe muss nun mit den Klappen und mit den Sehnenfäden geschehen, sobald sie durch die Systole des Herzens gespannt werden. Es macht keinen wesentlichen Unterschied, dass die Klappen nicht in der Luft, sondern in einer Flüssigkeit, im Blute, schwingen, indem die Schwingungen aus der Flüssigkeit an feste Theile, von den festen Theilen an das Stethoskop und sodann an das Ohr übertragen werden. Einen wie wesentlichen Antheil die Klappen an dem ersten Herztone haben, zeigt sich auch bei Insufficienz der einen oder andern Atrioventricularklappe, weil man bei solcher hört, dass in dieser Herzhälfte der normale Herzton nicht nur ein Geräusch neben sich hat, sondern in ein Geräusch ausgezogen, oder völlig in ein Geräusch umgewandelt ist, indem nun die Klappe weniger gespannt wird, und dafür Blut mit einem Geräusche aus dem Ventrikel in den Vorhof regurgitirt. Als zweites Moment für die Erzeugung des ersten Herztones hat

Charles Williams das sogenannte Muskelgeräusch in Anspruch genommen. Wenn man seinen M. biceps contrahirt und auf denselben einen kleinen Trichter setzt, der mit einem Kautschukrohre verbunden ist, dessen anderes Ende man ins Ohr bringt, so hört man ein dumpfes, summendes Geräusch. Es entsteht durch das Vibriren des Muskels selbst und der Theile, mit welchen er verbunden ist. Man kann in diesem Geräusche eine bestimmte Tonhöhe unterscheiden, und diese hängt, wie Helmholtz gezeigt hat, ab von der Zahl der Einzelcontractionen, welche der Muskel in der Zeiteinheit macht, um sich eben im tetanischen, im contrahirten Zustande zu erhalten. Die dauernde Contraction der Skeletmuskeln ist nämlich kein wirklich continuirlicher Act, sie kommt dadurch zu Stande, dass der Muskel sich vielmal und so rasch hintereinander zusammenzuziehen sucht, dass er keine Zeit hat, dazwischen zu erschlaffen. Es wird also in einem solchen Muskel immer von neuem und von neuem Spannung erzeugt und dadurch geräth er in Vibration. Dieses Muskelgeräusch hat nun, wie gesagt, Charles Williams als einen wesentlichen Bestandtheil des ersten Herztones in Anspruch genommen. Es lässt sich dagegen a priori anführen, dass von allen Muskeln des menschlichen Körpers gewiss das Herz derjenige ist, welcher sich unter den ungünstigsten Bedingungen für die Hervorbringung eines solchen Muskelgeräusches befindet. Erstens hat das Herz keine Ursprungs- und keine Anheftungssehnen, wie die Skeletmuskeln, und zweitens ist das Herz nicht mit festen Theilen, mit Knochen verbunden, die es einander zu nähern sucht, sondern es zieht sich nur um Blut zusammen. Ja noch mehr: nach Allem, was wir bis jetzt über die Herzcontraction wissen, können wir dieselbe nur als einen continuirlichen Act ansehen, nicht, wie die dauernde Contraction der Skeletmuskeln, als einen Act, der aus einer Reihe von einzelnen Impulsen zusammengesetzt ist. A priori ist es also im hohen Grade unwahrscheinlich, dass das Muskelgeräusch eine wesentliche Rolle bei der Erzeugung des ersten Herztones spiele. Nichtsdestoweniger haben Ludwig und Dogiel gefunden, dass ein relativ leeres Herz, ein Herz, das nur noch wenig Blut enthält, viel zu wenig Blut, als dass die Atrioventricularklappen noch durch dasselbe in der gehörigen Weise gespannt würden, noch einen mit der Systole zusammenfallenden Ton gibt. Es kann dabei nicht die Rede sein von einer Täuschung, die von einem Anschlagen oder Reiben des Stethoskops an der Ohrmuschel herrührt, denn es war als Schaltstück zwischen dem Ohr und der stethoskopischen Vorrichtung, welche sie anwendeten, immer ein Kautschukschlauch angebracht, und sie haben auch das Material der stethoskopischen Vorrichtung mehrmals geändert, um nicht durch einen Ton getäuscht zu werden, den das sich contrahirende Herz an der stethoskopischen Vorrichtung hervorbringt.

Als drittes Moment, welches zur Erzeugung des ersten Herztones mitwirken soll, ist auch das Anschlagen des Herzens an die Brustwand angeführt worden. Wir haben aber bereits gesehen, dass das Herz nicht wie ein Hammer an die Brustwand anschlägt, und dass also von einem Tone, der durch dieses Anschlagen erzeugt würde, nicht die Rede sein kann. Wohl aber haben wir gesehen, dass das Herz die Brustwand erschüttert, und da in ihm selbst akustische Impulse in dem Momente erzeugt werden, wo es sich fest an die Brustwand anlegt, so müssen auch diese akustischen Impulse als solche an die Brustwand direct übertragen

werden; es kann also auch die Brustwand selbst, indem sie in Schwingungen versetzt wird, zur akustischen Verstärkung des ersten Herztones beitragen, wenigstens insofern, dass derselbe in grösserer räumlicher Ausdehnung hörbar ist, als ihn ein nacktes Herz hören lassen würde.

Ueber die Entstehung des zweites Tones ist kein Zweifel. Der zweite Herzton entsteht in der Aorta durch das Zusammenschlagen ihrer Semilunarklappen und ebenso in der A. pulmonalis. Das wird auch durch die Art der Geräusche bestätigt, welche man hört, wenn die Klappen an der Wurzel der Aorta insufficient geworden sind, also das Blut während der Diastole in den Ventrikel zurückfällt.

Die Mechanik der Herzpumpe.

Kehren wir jetzt noch einmal zur Mechanik der Herzpumpe zurück, um diese noch etwas genauer in's Auge zu fassen. Wir haben, als wir das Herz im Allgemeinen und speciell das Herz der Fische betrachteten, gesehen, dass sich an der Grenze der Hohlvene und des Vorhofes eine Klappe befindet, welche bei der Contraction des Vorhofes die rückgängige Bewegung in die Vene hindert. Ich habe schon damals gesagt, dass diese Klappe bei den meisten Säugethieren nur rudimentär vorkommt, und beim Menschen kaum noch eine Spur derselben zu sehen ist, wenn man nicht das sogenannte Tuberculum Loweri noch als einen Rest davon ansehen will. Wie geht es zu, dass der Mensch, wenn ich mich so ausdrücken darf, diese Klappe nicht braucht, dass beim Menschen und auch bei denjenigen Säugethieren, welche diese Klappe nicht haben, doch keine Regurgitation gegen die Hohlvenen und Lungenvenen hin stattfindet?

Wir haben gesehen, dass sich zuerst die Hohlvenen und die Lungenvenen contrahiren, da wo sie in das Herz einmünden, und dass diese Contraction unmittelbar in die Contraction der Vorhöfe übergeht. Zuerst also wird einmal die Einmündungsstelle der Venen in den Vorhof verengt; sie wird nicht verschlossen, weil hier keine Klappen sind, aber sie wird verengert, und dadurch für das zurückfliessende Blut schon ein grösserer Widerstand gesetzt. Zu gleicher Zeit findet das Blut aber einen äusserst geringen Widerstand, wenn es aus dem Vorhofe in den Ventrikel übergeht, und es ist deshalb gar keine Ursache für dasselbe vorhanden, sich nach rückwärts gegen die Venen hin zu bewegen. Es findet keinen Widerstand beim Uebergange in die Ventrikel, weil zu dieser Zeit die Ventrikel erschlafft und die Klappen offen sind, so dass gar keine bestimmte Grenze zwischen der Höhle des Vorhofes und der Höhle des Ventrikels existirt. Es ist hier beim Menschen nicht wie bei den Amphibien eine Enge zwischen Vorhof und Ventrikel, sondern Vorhof und Ventrikel stehen durch eine sehr weite Communication mit einander in Verbindung, so dass sie einen gemeinsamen Sack bilden, der nicht einmal durch eine vorspringende Grenzleiste in zwei Theile getheilt ist.

Zweitens hat aber auch das Blut gar keine irgendwie in Betracht kommende Ortsbewegung zu machen, um aus dem Vorhofe in den Ventrikel zu gelangen, denn indem der Ventrikel erschlafft, rückt einfach die Grenze zwischen Vorhof und Ventrikel nach aufwärts. So gut wie man sagt: der Vorhof stösst das Blut in den Ventrikel hinein; so gut kann man auch sagen: der Vorhof zieht den Ventrikel über das Blut

hinüber; ein Theil des Ventrikels erleidet eine grössere Ortsveränderung als ein Theil des Blutes, das in den Ventrikel übergeht.

Endlich hat das Blut nicht einmal nöthig, die Herzhöhle, in welche es aufgenommen werden soll, zu erweitern, sondern diese Herzhöhle erweitert sich von selbst. Wir haben schon gesehen, dass, wenn das Herz sich zusammenzieht, der Herzbeutel und die umgebenden Theile einen gewissen, wenn auch nur geringen Widerstand entgegensetzen, und dass damit die Herzaspiration zusammenhängt. Da nun das Herz wieder erschlafft, so werden die elastischen Kräfte, die bei der Systole erzeugt wurden, so weit sie nicht für die Herzaspiration verbraucht worden sind, in der entgegengesetzten Richtung wirken, und schon dadurch wird der Erweiterung des Ventrikels Vorschub geleistet. Es ist aber noch ein anderes Moment vorhanden, durch welches die Herzhöhle ausgedehnt wird. Man setze in die Aorta eines todten Herzens eine lange Röhre, die man senkrecht stellt, schneide den rechten Vorhof auf, so dass die Flüssigkeit, die man durch die Röhre in die Coronararterien eintreibt, aus der Coronarvene frei nach aussen ablaufen kann, nicht in den Vorhof und in den Ventrikel hineingelangt. Wenn man nun Wasser in die Röhre hineingiesst, so sieht man unter dem steigenden Drucke des Wassers, das durch die Coronargefässe geht, das Herz, wenn ich mich so ausdrücken soll, sich entfalten, so dass man die Finger in die leeren Ventrikel hineinstecken kann, deren Höhle eben durch den Druck der Flüssigkeit geöffnet ist. Es rührt dies daher, dass das entfaltete, das entwickelte Herz mehr Blut in seine Gefässe aufnehmen kann als das zusammengezogene. Es sind also alle möglichen Bedingungen vorhanden, um das Blut, welches aus dem Vorhofe kommt, in die Herzhöhle aufzunehmen, ohne dass es bei der Systole der Vorhöfe gegen die Venen hin zurückgetrieben würde.

Da dieses Entfalten durch den Druck des Blutes in den Coronargefässen erfolgt, so muss ja auch, wenn sich das Herz wieder zusammenzieht, dieser Druck überwunden werden, und es fragt sich nun, ob das Herz ihn vollständig zu überwinden hat, oder ob vielleicht ein Theil dieser Arbeit dem Herzen erspart wird. Das Urtheil darüber hängt ab von der Meinung, die man über den controversen Punkt hegt, ob die Coronararterien durch die heraufgeschlagenen Semilunarklappen während der Systole zugedeckt werden oder nicht, denn in ersterem Falle kann nach dem Zustandekommen dieses Verschlusses kein Blut mehr aus der Aorta in die Coronararterien einströmen. Ich will Ihnen nun die Gründe vortragen, die dafür und dagegen geltend gemacht worden sind, und im Vorhinein bemerken, dass ich zu denjenigen gehöre, welche der Ansicht sind, dass die Coronarostien durch die heraufgeschlagenen Semilunarklappen geschlossen werden.

Man hat zunächst gesagt: Die Coronararterien können nicht gedeckt werden, weil sie in der Regel ausserhalb der Sinus Valsalvae entspringen. Das ist nicht richtig. Ausserhalb der Sinus Valsalvae entspringen von 100 Coronararterien etwa 4, alle übrigen Coronararterien entspringen entweder in der Linie, welche den Sinus Valsalvae nach oben begrenzt, oder in dem Sinus Valsalvae selbst.

Man hat weiter gesagt, während der Systole des Herzens müssen die Coronarostien nach oben gezogen werden, und also um so mehr dem Bereiche der Klappen entzogen werden, weil ja bei der Systole der Ven-

trikel die Aorta in die Länge ausgedehnt wird. Nun ist es aber, wie Ihnen wohl bekannt sein wird, eine allgemeine Eigenschaft der Flüssigkeiten, also auch des Blutes, dass sich ihr Druck nicht blos in einer Richtung, sondern nach allen Richtungen gleichmässig fortpflanzt, es ist deshalb auch nicht abzusehen, wie durch den Druck des Blutes die Coronararterien, wenn sie einmal innerhalb der Sinus Valsalvae entspringen, aus den Sinus Valsalvae herausgezerrt werden können, und das geschieht auch thatsächlich nicht. Ich habe eine Reihe von Aorten mit einer Gypsmasse unter hohem Drucke ausgegossen, theilweise unter Drucken, wie sie im lebenden Körper normaler Weise gar nicht vorkommen. Stets zeigte sich, dass dies auf die Coronarien gar keinen Einfluss hatte; sie entsprangen in den untersuchten Aorten nach wie vor aus dem Sinus Valsalvae und unter der Linie, welche den Sinus Valsalvae von der übrigen Aortenwand trennt. Richtig ist es aber, dass bei weitem die meisten Coronarostien in der Leiche von der dazu gehörigen Klappe nicht gedeckt werden. Wenn man Ventrikel und Aorta aufschneidet und die Klappen herauflegt, so findet man in der Regel, dass der Rand der Klappe nicht über dem Coronarostium, sondern gerade unter demselben hinweggeht. Das hängt damit zusammen, dass ein Theil der Klappe an das Herzfleisch angewachsen ist, und sich deshalb nur mit diesem bewegen kann.

Dieser angewachsene Theil ist im Herzen so wie man es in der Leiche findet schräg nach abwärts gerichtet, indem Aorta und Arteria pulmonalis bei ihrer postmortalen Verkürzung die äusseren Schichten des Herzfleisches, an denen sie zunächst befestigt sind, stärker nach aufwärts gezogen haben als die inneren. Wenn ich nun die Klappe am Leichenherzen gegen die Aorta hinaufzulegen suche, so lege ich nicht die ganze Klappe hinauf, sondern nur den freien Theil. Sie erscheint mir deshalb zu kurz, und zwar fast um die doppelte Breite des angewachsenen Theiles, denn erstens fehlt er mir beim Hinauflegen und zweitens ist er schräg nach abwärts gerichtet und verlegt dadurch die Umbiegungsstelle, wenn ich mich so ausdrücken darf, das Gelenk der Klappe, noch nach abwärts.

Ganz anders verhält es sich während der Systole der Ventrikel im lebenden Körper. Ich muss hier vorwegnehmen, dass der lebende Muskel eine viel geringere Consistenz hat als der todte, dass er den Impulsen der Schwere fast wie eine flüssige Masse folgt, und dass er, nach den Untersuchungen von Eduard Weber, selbst während seiner Contraction weich bleibt und erst hart wird, wenn er anfängt seine eigene Substanz zusammenzudrücken, oder wenn durch einen Widerstand eine solche Spannung in ihm erzeugt wird, dass er dadurch hart wird. Ich kann auf die näheren Ursachen hievon augenblicklich nicht eingehen: ich will nur im Allgemeinen bemerken, dass wenn irgend ein Molekül eine Tendenz hat nach einer bestimmten Richtung fortzuschreiten, es dadurch andern Impulsen nicht unzugänglich ist, sondern wie ein ruhendes Molekül noch seitlich und in gleicher Richtung fortgeschoben werden kann, und nur einen Widerstand entgegensetzt, wenn man es in der entgegengesetzten Richtung bewegen will. Die ganze Masse des Herzens ist also, wie man dies bei der Contraction des lebenden leeren Herzens auch wahrnehmen kann, vollkommen weich, es sind die inneren Schichten des Herzfleisches gegen die äusseren Schichten desselben leicht

verschiebbar. Während der Systole der Ventrikel nun unterliegen die ersteren dem Drucke der letzteren. Sie bewegen sich also in ähnlicher Weise gegen den Ort des kleinsten Widerstandes hin, wie es das Blut selbst thut. Der Ort des kleinsten Widerstandes ist aber die Aorta, da geht das Blut hin, und gegen diese hin verschiebt sich auch die innere Partie des Herzfleisches. Es richtet sich also der Theil der angewachsenen Klappe, der im todten Zustande nach abwärts gerichtet war, nach aufwärts, und dadurch reicht die Klappe fast um die doppelte Breite der angewachsenen Partie weiter hinauf. So ist sie nun allerdings im Stande, das Coronarostium zu schliessen.

Man hat behauptet, dass zwar bei vielen Thieren, aber nicht beim Menschen die Klappen am Herzfleische angewachsen seien. Der directe Augenschein lehrt, dass dies doch der Fall ist. Man mache einen Längsschnitt, der gleichzeitig Coronarostium, Klappe und Herzfleisch trifft, und man wird sich leicht überzeugen, dass die mit dem Herzfleische verwachsene Zone in der That vorhanden ist, wenn auch nicht in solcher Breite, wie sie bei manchen Säugethieren vorkommt.

Man hat ferner gesagt: Es ist ganz gleichgiltig, ob die Klappe während der Systole bis über das Coronarostium hinaufreicht oder nicht, weil sie sich doch nicht an die Wand der Aorta anlegt.

Man hat dafür verschiedene Gründe angegeben. Erstens hat man gesagt, die Ränder der Klappen seien zu kurz, sie könnten sich gar nicht so weit ausbauchen, dass sie sich an die Aortenwand anlegen, sie bildeten vielmehr während der Systole ein Dreieck mit mehr oder weniger bogenförmigen Seitenrändern. Es ist vollkommen richtig, dass die Ränder der Klappe zu kurz sind, wenn man sich vorstellt, dass dieselben sich in die Concavitäten der Sinus Valsalvae hineinlegen sollen; sie sind aber nicht zu kurz, wenn sie, wie wir es nach dem, was ich oben über die angewachsene Zone und die Bewegung des Herzfleisches gesagt habe, annehmen müssen, soweit gehoben werden, dass sie sich nicht in die Concavitäten der Sinus Valsalvae hineinlegen, sondern an die Wand der Aorta, da, wo sie die obere Grenze des Sinus Valsalvae bildet und in denselben übergeht. Dass sie dafür nicht zu kurz sind, davon kann man sich durch Messungen überzeugen, welche man einmal macht an der Circumferenz der Aorta und das andere Mal an den Rändern der ausgespannten Klappe.

Man hat weiter empirisch zeigen wollen, dass die Klappen sich nicht an die Wand der Aorta anlegen. Man hat dazu verschiedene Wege eingeschlagen. Man hat erstens die Aorta vom Ventrikel aus mit einer Talgmasse injicirt und, während dieselbe hineingetrieben wurde, die Aorta zugeklemmt. Hinterher, nachdem die Masse erstarrt war, machte man Durchschnitte, und nun wurden allerdings die Klappen nicht an der Wand anliegend gefunden, sondern in der Injectionsmasse mit ihren Rändern ein Dreieck bildend. Der Erfolg ist aber durchaus begreiflich, denn die Klappen werden ja nur mit ihren Rändern an der Wand festgehalten durch den fortschreitenden Flüssigkeitsstrom; sobald man diesen Strom unterbricht, so gehen sie in ihre frühere Gleichgewichtslage zurück, sie entfernen sich von der Wand und begeben sich dahin, wo man sie nachher auf Durchschnitten gefunden hat. Man hat auch einen andern Versuch angestellt, welcher darin bestand, dass man die Aorta über dem Sinus Valsalvae und über den Ostien der Coronararterien abschnitt, dann

in den Stumpf eine Glasröhre hineinsetzte, durch die man auf die Klappen sehen konnte, und die Glasröhre mit einem Kautschukschlauche verband. Nun wurde Flüssigkeit hindurchgetrieben und der Stand der Klappe beobachtet. Auch jetzt legten sich die Klappen nicht an die Wand, sondern flottirten in der Flüssigkeit. Man hat aber auch hier nicht die Bedingungen hergestellt, wie sie im Leben vorhanden sind. Im Leben ist die Wand der Aorta glatt und gibt nicht zur Bildung von Wirbeln Veranlassung; hier aber hatte man ein Glasrohr hineingesteckt, das einen vorspringenden Rand bildete. Also gerade an der Stelle, wo die Klappe sich anlegen sollte, musste sich ein Wirbel bilden und das feste Anlegen der Klappe verhindern; sie musste im steten Flottiren erhalten werden. Der directe Beweis, dass sich die Klappen wirklich an die Wand anlegen, ist durch einen Versuch geliefert worden, den Ludwig in seinem Lehrbuche, dem auch die beistehende Figur entnommen ist, beschrieben hat. Beim Herzen des Schweines ist die Klappe, die dem rechten Coronarostium gegenübersteht, in beträchtlicher Ausdehnung an das Herzfleisch angewachsen, die Klappe aber, welche dem linken Coronarostium gegenübersteht, ist gar nicht angewachsen, und diese deckt deshalb im todten Schweineherzen noch immer das Ostium. In diese Coronaria wird nun, nachdem sie früher von aussen angeschnitten wurde, eine Federspule, Fig. 26 *a*, eingeführt, so dass die Flüssigkeit, welche man in das Ostium hineintreibt, aus dieser ausfliesst. Dann wird das Herz in einen conischen Trog, Fig. 26 *a*, hineingesetzt und in den linken Vorhof eine hohe hölzerne Röhre, Fig. 26 *b b*, gesteckt, die von einem Hahne *c* durchbohrt ist.

Fig. 26.



Die Aorta wird nicht dicht über den Coronarostien abgeschnitten, sondern es wird der ganze Arcus aortae daran gelassen, und die von ihm ab-

gehenden Aeste werden unterbunden. Am Schnittende wird mittels einer Glasröhre die Aorta mit einem Kautschukrohr *d d* in Verbindung gesetzt, und dieses in ein Standgefäss *g* hinübergeleitet. Jetzt wird erst bei offenem Hahne *c* der ganze Apparat durch das Rohr *b b* mit Wasser angefüllt, bis das letztere anfängt in *g* hinüberzufliessen. Dann wird der Hahn *c* zugedreht, und die Röhre *b b* vollständig und bis oben hinauf angefüllt. Wenn der Hahn nun plötzlich wieder geöffnet wird, fliesst kein Tropfen aus der in der Coronaria steckenden Federspule *α*, obgleich es im vollen Strome durch Herz und Aorta geht und nach *g* hinüberfliesst. Worin der Fehler des früher erwähnten Versuches bestand, zeigt sich an diesem Versuche sehr deutlich, denn so wie die geringste Vibration entsteht, so wie man die Röhre *b b* halb auslaufen lässt und dann von oben nachgiesst, fliesst augenblicklich aus der Federspule das Wasser aus, weil nun wegen der vibrirenden Bewegung der Flüssigkeit die Klappe sich nicht mehr ruhig anlegt. Ebenso gelingt der Versuch, den ich oftmals angestellt habe, nie mit einem Herzen, an dem man die aufsteigende Aorta durchschnitten und in sie das Glasrohr eingesteckt hat. Es muss immer der Arcus aortae noch daran sein, damit sich über dem Klappenrand keine Wirbel bilden.

Man hat gesagt: Wenn die Klappe sich an die Wand anlegt, wie sollte sie dann behufs des Verschlusses der Semilunarklappen wieder von der Wand zurückkommen? Es ist schwer zu sagen, wie man glauben kann, dass bei einer rückgängigen Bewegung der Flüssigkeit die Klappe ruhig an der Wand liegen bleibe. Sie geht von der Wand zurück, sobald die Kraft zu wirken aufhört, welche sie gegen die Wand andrückt, wie wir dies schon oben gesehen haben; umsomehr muss sie von der Wand zurückgehen bei dem jähen Abfall des Druckes, der auf der inneren Seite der Klappe stattfindet, sobald der Ventrikel erschlafft, und die Blutmasse, welche sich im Bulbus arteriosus zwischen den drei Klappen befindet, in das Herz zurückstürzt.

Es ist weiter gesagt worden: Wenn auch wirklich die Klappe das Coronarostium verschliesst, so wird dadurch in der Sache gar nichts geändert, weil dies erst am Ende der Systole geschehen wird, folglich in einer Zeit, in welcher ohnehin durch die Systole als solche kein Blut mehr in die Coronarien eingetrieben würde. Die Behauptung, dass der Verschluss erst am Ende der Systole eintritt, ist offenbar grundlos. Es ist kein Grund vorhanden zu behaupten, dass das Heraufschlagen der Klappen gegen die Coronarostien mehr Zeit beansprucht, als das Zurückfallen der Klappen in ihre Verschlusslage. Wenn also das Heraufschlagen der Klappen bis an die Aorta so viel Zeit in Anspruch nehmen würde, dass sich während derselben schon der ganze Ventrikel entleert hätte, so müsste man consequenter Weise auch annehmen, dass die ganze Blutmenge, die das Herz ausgetrieben hat, auch vollständig Zeit hat, in den Ventrikel zurückzufallen, ehe die Klappen sich wieder verschliessen. Das würde aber, wie Sie leicht einsehen, nichts anderes heissen, als dass das Herz gänzlich ohne Nutzeffect arbeitet. Das ist bekanntlich nicht der Fall; die Klappen schliessen, nachdem derjenige Theil des Blutes, der sich zwischen ihnen befand, oder wenig mehr in das Herz zurückgefallen ist, indem sie eben nur passive Bewegung haben, indem sie alle Bewegungen mitmachen, welche das sie bespülende Blut macht. Voraussichtlich sind

also die Klappen an die Aorta hinaufgelegt, wenn eine ähnliche Blutmenge ausgetrieben ist, eine Blutmenge, die nur einen mässigen Bruchtheil des Blutes darstellt, das mit einer Systole vom Herzen ausgetrieben worden ist. Der Bruchtheil ist, ich kann nicht sagen ob ganz richtig, auf $\frac{1}{7}$ geschätzt worden.

Man hat weiter experimentell durch Vivisectionen beweisen wollen, dass die Coronarostien während der Systole nicht geschlossen werden. Man hat gesagt, wenn es wahr wäre, dass die Coronarostien während der Systole geschlossen werden, so müssten sie nicht systolisch, sondern diastolisch spritzen. Nun hat man das Herz eines lebenden Thieres blossgelegt, und hat die eine oder die andere Coronaria angestochen und gefunden, dass sie systolisch spritze. Wir haben schon früher gesehen, dass die Bewegungen des Herzens, wenn es ausserhalb des Herzbeutels, ausserhalb seiner natürlichen Umgebung liegt, wesentlich verschieden sind von den Bewegungen, welche das Herz im Herzbeutel macht, dass es schleudert und sich unregelmässig bewegt. Aber ganz abgesehen davon fragt es sich, ob man denn überhaupt erwarten konnte, dass die Coronarien diastolisch spritzen würden, wenn ihre Ostien während der Systole verschlossen werden. Fangen wir einmal beim Beginne der Systole an: Das Herz zieht sich zusammen, der Druck an der Wurzel der Aorta steigert sich. Zu dieser Zeit liegen die Klappen noch nicht an, der erste Effect ist also, dass der Blutstrahl aus der Coronaria höher aufspringen muss. Die Coronaria muss also systolisch spritzen, wie jede andere Arterie. Im Verlaufe der Systole wird nun allerdings nach unseren Vorstellungen die Klappe vor das Ostium gelegt, so dass der weitere Bluteintritt gehindert wird. Unterdessen ist aber mit dem Herzen eine Veränderung vorgegangen und geht fortwährend vor sich. Das Herz zieht sich stärker und stärker zusammen, und dadurch wird der Abfluss des Blutes aus den Coronararterien durch die Capillargefässe in die Coronarvenen gehindert. Der Druck in den Coronarien kann also nicht plötzlich abfallen. Nun erschlafft das Herz. Allerdings fliesst jetzt durch die Coronarostien wieder Blut hinein, aber der nächste Effect ist, dass während des Zurückgehens der Semilunarklappen in die diastolische Lage eine plötzliche Druckverminderung an den Coronarostien eintritt, durch welche die Geschwindigkeit mit der das Blut in sie eintritt sicher vermindert, vielleicht sogar gleich Null oder negativ wird. Gleichzeitig wird das Capillargefässsystem wieder frei und es tritt eine Druckverminderung im Systeme der Coronararterien ein, indem plötzlich ein grosser Widerstand zum grossen Theile hinweggeräumt wird. Dieses Experiment ist also gar nicht geeignet, um überhaupt die Frage zu entscheiden, ob die Coronarostien während der Systole gedeckt werden oder nicht.

Man hat freilich behauptet, die ganze Vorstellung, dass das Herz durch seine Zusammenziehung seinen eigenen Kreislauf, das Abfliessen des Blutes aus den Coronararterien in die Coronarvenen hindere, sei unrichtig. Man hat sich auf Versuche berufen, die im Laboratorium von Professor Ludwig angestellt worden sind, und nach welchen durch einen contrahirten Muskel in der Zeiteinheit nicht nur nicht weniger, sondern mehr Blut hindurchfliesst, als durch einen erschlafften Muskel. Man hat aber dabei vergessen, dass sich das lebende Herz unter ganz anderen Bedingungen befindet, als jeder andere sich contrahirende

Muskel. Fangen wir einmal an der inneren Oberfläche des Herzens an: Ein Papillarmuskel oder ein Fleischbalken, der in das Innere der Herzhöhle vorspringt, ist während der Systole einem Drucke von Seiten des Blutes ausgesetzt, der gleich, oder im strengen Sinne grösser ist, als der gleichzeitige Druck in der Wurzel der Aorta, denn zu dieser Zeit fliesst ja das Blut von der Herzhöhle gegen die Aorta. Da der Druck im Coronarostium derselbe ist, wie in der Wurzel der Aorta, so ist es also kaum glaublich, dass aus den Coronarien auch nur die allergeringste Menge von Blut in diese Fleischbalken und in diese Papillarmuskeln hineingebracht werden könnte: hier muss die Circulation gänzlich gehindert sein, so weit nicht etwa, was möglich aber nicht bewiesen und bei der Structur des Herzmuskelfleisches nicht einmal wahrscheinlich ist, durch die Spannung der Muskelfasern die zwischen ihnen liegenden Capillaren theilweise vor dem Drucke geschützt werden. Jetzt gehen wir weiter nach aussen. Je weiter wir nach aussen kommen, umsomehr nimmt der Druck ab, weil ja nur noch die Partie des Herzfleisches, welche von der untersuchten Stelle nach aussen liegt, drückt. Es ist also jetzt, wenn wir bis zu einer gewissen Tiefe gekommen sind, kein absolutes, aber noch immer ein relatives Hinderniss für die Fortbewegung des Blutes vorhanden, ein Hinderniss, welches umsomehr abnimmt, je mehr man sich der äusseren Oberfläche nähert. Es kann also nicht bestritten werden, dass die Zusammenziehung des Herzens ein sehr bedeutendes Hinderniss für die Fortbewegung des Blutes aus den Coronararterien in die Coronarvenen abgibt. Man hat freilich gesagt: Die Erfahrung lehrt, dass dem nicht so sei, denn, wenn das Capillarsystem des Herzens bei der Systole comprimirt würde, so müsste ja das Herz während der Systole blass werden, das thut es aber nicht. Man hat hier zweierlei vergessen. Erstens, dass das Herz selbst nicht aus weissem, sondern aus rothem Fleische besteht, und zweitens, dass das Herz seine rothe Farbe nicht den tiefen Gefässen verdankt, die man nicht sieht, sondern, so weit sie nicht der Muskelsubstanz als solcher angehört, den oberflächlichsten Gefässen, deren Circulation am wenigsten durch die Zusammenziehung des Herzens leidet. Die Farbe belehrt also durchaus nicht über das, was in der Tiefe des Herzfleisches vorgeht.

Es gibt nun noch einige Erfahrungen, welche darauf hinweisen, dass nicht nur bei vielen Thieren, bei denen es schon nach dem anatomischen Bau auf der Hand liegt, sondern dass auch beim Menschen wirklich die Coronarostien geschlossen werden. Ich bewahre ein Herz auf, bei welchem sich an der Anheftung der einen Klappe eine Verknöcherung befindet. Diese Verknöcherung hat gehindert, dass mit dem Herzen diejenige Leichenveränderung vor sich gehe, welche ich Ihnen früher erwähnt habe, und von welcher es eben abhängt, dass die heraufgelegte Klappe das Coronarostium nicht mehr schliesst. Wenn man nun auf diese Verknöcherung drückt, so macht die Klappe offenbar diejenige Bewegung, welche sie während des Lebens gemacht hat, und dann schliesst sie das dazu gehörige Coronarostium. Ueber demselben liegen atheromatöse Ablagerungen, und diese sind genau dem Rande der Klappe entsprechend abgeschnitten, so dass man sieht, dass gerade bis an diese der Rand der Klappe hinaufgereicht habe, und sie legt sich auch jetzt noch genau in derselben Linie an. Nun sieht man manchmal an

andern Aorten, bei welchen keine solche Verknöcherung stattgefunden hat, und an denen die Klappe in der Leiche nicht mehr über das Coronarostium hinaufreicht, ähnliche atheromatöse Ablagerungen auf dieselbe Weise scharf über dem Sinus Valsalvae abgeschnitten, so dass die Linie, in welcher sie abgeschnitten sind, ganz das Bild des Randes der Klappe darstellen. Es liegt also nahe, dass auch hier die Klappe gerade bis an diese Stelle hinaufgereicht habe. Ich bewahre ferner ein anderes Herz auf, an dem die zwei den Coronarostien gegenüberliegenden Klappen mit einander verwachsen sind. Sie sind so mit einander verwachsen, dass sie eine Tasche bilden, in der die Coronarostien liegen, so dass, wenn man an die Verwachsungsstelle andrückt, die Coronarostien gedeckt werden, was schwerlich der Falle sein würde, wenn sie während des Lebens nicht auch gedeckt worden wären, und zwar nicht nur seit der Verwachsung, sondern auch vor derselben. Es kommen ferner in der Lunula, im dünnen Theile der Klappen, der jederseits neben dem Nodulus Arantii liegt, nicht selten Perforationen vor, und diese entsprechen ganz auffallend oft einem Coronarostium. Dabei sieht man das Stück der Klappe, welches über der Perforation liegt, nach oben in einem Bogen ausgezerrt, so dass man sich nicht der Vorstellung erwehren kann, dass das Blut nicht über diesen Bogen hinüber in die Coronararterie gekommen, sondern dass es durch das Loch der Klappe in die Coronararterie gelangt sei. Dies führt aber wieder auf die Vorstellung, dass früher im normalen Zustande, und ehe die Klappe perforirt war, das Coronarostium gedeckt wurde, und dass an der Stelle des Coronarostiums, dort wo der Widerstand geringer war, die Klappe durchlöchert wurde. Ich bewahre auch ein Herz auf, an dem in dem einen Sinus Valsalvae statt einer Coronaria zwei entspringen und mithin von Hause aus zwei Coronarostien von einer Klappe gedeckt wurden, und an dem sich diesem entsprechend zwei Oeffnungen in einer und derselben Lunula befinden.

Man kann nun fragen, welche Veränderungen eintreten, wenn ein Coronarostium nicht gedeckt wird. Welche Erscheinungen in Folge davon im Leben eintreten, wissen wir nicht. Wir sind lediglich auf den Leichenbefund angewiesen. Wenn der Mangel an Deckung erworben ist durch Perforation oder durch Verzerrung der Klappe, habe ich niemals eine Veränderung gefunden, die sich davon ableiten liesse. Wenn aber die eine Coronaria anomal entsprang, so dass sie von frühester Zeit an niemals gedeckt worden war, fand ich immer diese Coronaria grösser als die andere, gleichviel, ob es die rechte oder die linke war. Das spricht wiederum dafür, dass im Leben die Coronarien in normaler Weise gedeckt werden, und dass vermöge dieser Deckung ein geringerer Druck auf ihren Wandungen lastet als bei mangelnder Deckung.

Accessorische Impulse für die Blutbewegung.

Bringt das Herz für sich allein die ganze Arbeitskraft auf, welche den Kreislauf in Gang erhält, oder findet es dabei irgend welche Unterstützung? Wenn man auch nicht in Abrede stellen kann, dass unzweifelhaft das Herz die Hauptarbeitskraft aufbringt, so darf man sich doch nicht verhehlen, dass auch andere Muskelbewegungen dasselbe wirksam unterstützen. Wir haben gesehen, dass bei der Inspiration der Druck in

der Brusthöhle unter den atmosphärischen erniedrigt wird, und dass in Folge davon das Blut aus den Venen ausserhalb des Thorax in die Venen innerhalb des Thorax einströmt. Wir haben gesehen, dass bei der Exspiration der Druck sich über den atmosphärischen steigert, und deshalb der Rückfluss des Blutes gehindert wird. Wenn wir uns nun vergegenwärtigen, dass die fortschreitende Bewegung des Blutes in der Richtung ihres natürlichen Stromlaufes frei ist, dass dagegen alle rückläufigen Bewegungen von Stelle zu Stelle durch Ventile gehindert sind; so müssen wir uns sagen, dass der Wechsel des Druckes im Allgemeinen der Fortbewegung des Blutes förderlich sein muss, dass er mehr fördern als hindern muss, und dass deshalb die Action der Respirationsmuskeln mit in Betracht kommt als Hilfsarbeitskraft für das Herz. Besonders gilt dies noch für den Blutlauf in der unteren Hohlvene, indem bei der Inspiration nicht nur der Druck in der Brusthöhle unter den atmosphärischen sinkt, sondern auch der Druck in der Bauchhöhle nicht unbeträchtlich gesteigert wird, so dass durch die Inspiration das Blut in der unteren Hohlvene gewissermassen heraufgepumpt wird.

Es sind nicht die Respirationsbewegungen allein, welche hier in Betracht kommen, wenn sie auch in erster Reihe zu berücksichtigen sind, auch alle übrigen Muskelbewegungen müssen den Blutlauf befördern, nicht nur secundär, indem sie auf das Herz zurückwirken und das Herz zu stärkerer Action anregen, sondern auch primär, in so fern sie von Zeit zu Zeit den Druck, der auf den Gefässen lastet, verändern. Man muss bedenken, dass im Allgemeinen jeder kurzdauernde Druck der Vorwärtsbewegung des Blutes zu gute kommt, weil die Rückwärtsbewegung früher oder später durch Klappen gehindert ist.

Die Vertheilung des Blutes im lebenden Körper.

Die Vertheilung des Blutes ist im Leben sehr verschieden und hängt von sehr verschiedenen Umständen ab, man kann aber doch versuchen, sich im Grossen und Ganzen eine Vorstellung über dieselbe zu verschaffen, und das hat Ranke dadurch zu thun versucht, dass er im lebenden Thiere einzelne Organe abgebunden hat, die Blutmenge derselben feststellte, und zugleich die Blutmenge des übrigen Thieres bestimmte. Er unterscheidet zwischen Bewegungsapparat und Drüsenapparat. Unter Bewegungsapparat versteht er die Muskeln und die Nerven mit Einschluss der Haut und der Knochen, und unter Drüsenapparat versteht er die gesammten Eingeweide. Es ist das also ungefähr dieselbe Eintheilung, wie sie die alten Biologen machten, wenn sie von einem animalen und von einem vegetativen Leibe sprachen; denn unter animalem Leibe verstanden sie das Nervensystem mit Ausschluss des Sympathicus, ferner die Muskeln, die Knochen, die Haut u. s. w., unter dem vegetativen Leibe verstanden sie die Eingeweide der Brust- und Bauchhöhle. Nach dieser Eintheilung nun kommt nach Versuchen, die Ranke an Thieren gemacht hat, auf den animalen Leib ungefähr ein Drittheil der gesammten Blutmasse, auf den vegetativen etwa zwei Drittheile. Von den Organen dieses letzteren enthält wiederum die Leber das meiste Blut, indem sie nach Ranke ein Viertel der Gesammtblutmasse beherbergen soll.

Denken wir an die Ursachen, durch welche die normale Blutvertheilung gestört werden könnte, so fällt uns zunächst auf, dass das geschehen müsste, wenn die beiden Herzen, das rechte und das linke Herz, mit ungleichem Nutzeffect arbeiteten. In den alten Lehrbüchern der Anatomie finden Sie noch dem Leichenfunde gemäss das relative Grössenverhältniss vom rechten und linken Ventrikel beschrieben, als ob sie beide verschieden gross wären. Nun, das kann im Leben offenbar nicht der Fall sein: denn die beiden Herzen werfen im normalen Zustande offenbar beide gleichviel Blut aus. Wenn das rechte Herz dauernd mehr Blut auswürfe, als das linke Herz, so müsste nach und nach alles Blut in den kleinen Kreislauf gelangen, und im übrigen Körper würde gar nichts bleiben, und umgekehrt, wenn das linke Herz dauernd mehr Blut auswürfe, als das rechte Herz, so würde alles Blut in den Körperkreislauf gelangen müssen, und es würde zuletzt für die Lungen gar nichts mehr übrig bleiben. Sie entleeren sich aber auch beide bei der Systole nahezu vollständig, und ein leerer Raum existirt in ihnen auch nicht. Soweit man also überhaupt von der Grösse von Höhlen, deren Capacität so veränderlich ist, wie die der Herzhöhlen, sprechen kann, muss man sagen, dass die beiden Herzhöhlen im Leben gleich gross sind. Es könnte aber doch sein, dass das eine Herz anfängt mit geringerem Nutzeffect zu arbeiten als das andere. Denken wir z. B. das linke Herz bekäme einen Fehler an den Aortaklappen, entweder eine Stenose oder eine Insufficienz; so würde bei der Stenose die Oeffnung, durch welche das Blut ausgeworfen wird, zu klein werden, und das Herz würde dadurch mit geringerem Nutzeffect arbeiten; bei der Insufficienz würde es mit geringerem Nutzeffect arbeiten: weil ein grösserer Theil des ausgeworfenen Blutes wieder in das Herz zurückfällt, als im normalen Zustande. Davon sollte nun die Folge sein, dass sich das Blut im kleinen Kreislauf so lange anhäuft, bis das linke Herz so viel besser und das rechte Herz so viel schlechter gespeist ist, dass dadurch der Fehler am linken arteriösen Ostium compensirt wird. Das geschieht nun in Wirklichkeit in der ersten Zeit nicht und zwar deshalb nicht, weil das Herz, dem jetzt die grössere Arbeit aufgelastet ist, das linke Herz, hypertrophisch wird, nach dem allgemeinen Gesetze, dass ein Muskel, dem eine grössere Arbeit aufgelastet wird, so lange er dieser Arbeit überhaupt noch ohne dauernde Ermüdung Herr werden kann, an Masse zunimmt. Das ist die sogenannte compensirende Hypertrophie, welche den Individuen noch ein relatives Wohlbefinden verschafft, abgesehen von gewissen Erscheinungen, welche von der anomalen Füllung des Arteriensystems herrühren. Bei der Stenose sind es die Erscheinungen der mangelhaften Füllung, Blässe, Neigung zu Ohnmachten u. s. w., bei Insufficienzen, bei denen ungewöhnlich grosse Blutmengen in das Arteriensystem hineingeworfen werden müssen, weil ein grosser Theil des Blutes zurückfällt, wo also das Arteriensystem bei jeder Systole sehr stark ausgedehnt wird, sind es Erscheinungen von Congestion, Neigung zu apoplectischen Anfällen u. s. w. — Erst wenn die compensirende Hypertrophie nicht mehr ausreicht, wenn das eine Herz nun wirklich anfängt, mit geringerem Nutzeffect zu arbeiten als das andere, erst dann tritt secundär eine Ueberfüllung des Lungenkreislaufes mit ihren Folgeerscheinungen auf.

Anders verhält es sich, wenn das Herz deshalb mit geringerem Nutzeffect arbeitet, weil die Insufficienz sich am venösen Ostium befindet, wenn die Valvula mitralis nicht schliesst, so dass ein Theil des Blutes in den Vorhof zurückgeworfen wird. Dann muss sich der kleine Kreislauf thatsächlich mit Blut überfüllen, so lange bis nun das linke Herz so viel besser gespeist wird als das rechte, dass trotz seines Fehlers von ihm ebensoviel Blut befördert wird, wie vom rechten Herzen. Deshalb tritt bei Insufficienz der Mitralis auch immer Kurzathmigkeit auf wegen der Ueberfüllung des kleinen Kreislaufes und im weiteren Verlaufe Neigung zu Katarrhen, zu Haemoptoe u. s. w. — Wenn aber der Lungenkreislauf überfüllt wird, so wird natürlich in ihm auch das Blut unter einen grösseren Druck gesetzt, und die Folge davon ist, dass nun das rechte Herz eine grössere Arbeit zu überwinden hat, und in Folge davon tritt die compensirende Hypertrophie nun nicht an dem eigentlich kranken Herzen, sondern an dem gesunden rechten Herzen auf. Was ich hier über die Unterschiede in den Folgen von Klappenfehlern einerseits am arteriösen und andererseits am venösen Ostium des linken Herzens gesagt habe, das können Sie mutatis mutandis ebenso vom rechten Herzen gelten lassen.

Es kann aber die ungleiche Vertheilung des Blutes auch eine andere Ursache haben, z. B. in einem Hinderniss, welches sich im Capillarsysteme befindet. Es kann z. B. in den Capillaren der Lunge ein ungewöhnlicher Widerstand gesetzt sein, wie dies bei einer ausgebreiteten Lungenentzündung der Fall ist. Dann wird die nächste Folge sein, dass der Druck sich hinter diesem Hinderniss steigert, es steigt der Blutdruck in der Lungenschlagader, es wird also dem rechten Herzen eine grössere Arbeit als im normalen Zustande aufgelastet, es wird diese Arbeit bis zu einem gewissen Grade leisten, aber endlich, wenn es sie nicht mehr leistet, wird es sich unvollkommen entleeren, es wird deshalb auch von der venösen Seite weniger Blut aufnehmen können, als im normalen Zustande. Die Folge davon muss sein, dass sich die Stauung auf die Körpervenen fortsetzt, es tritt Ueberfüllung des Hohlvenensystems ein, die sich dem Arzte äusserlich in der Turgescenz der Jugularvenen zeigt. Andererseits kann aber auch ein ähnliches Hinderniss in den Capillaren des grossen Kreislaufes liegen, und hier ist es namentlich die Leber, in welcher dergleichen Hindernisse vorkommen. Nun wissen Sie aber, dass die Leber das Blut durch die Pfortader aufnimmt, welche sich aus den Venen des chylopoetischen Systems sammelt. Wenn deshalb ein Hinderniss in der Leber ist, so muss zunächst der Druck in der Pfortader steigen und dieser Druck muss sich nach rückwärts fortpflanzen und muss sich übertragen auf die ganzen Capillaren des chylopoetischen Systems. Daher rühren auch die mannigfaltigen Beschwerden und krankhaften Zustände, welche der Pfortader schon bei den alten Aerzten den Namen der porta malorum verschafft haben.

Die Füllung des Capillarsystems im Grossen und Ganzen hängt wesentlich von zweierlei Momenten ab: Erstens von der Art, wie das Herz arbeitet, und zweitens von dem Contractionszustande der Arterien, und dieser ist wiederum am veränderlichsten in den kleineren und mittleren Arterien, so dass diese einen viel grösseren Einfluss auf die Vertheilung des Blutes haben als die grossen. Wenn das Herz kräftig

arbeitet, so steigt der Blutdruck im Arteriensysteme, es wird folglich das Capillarsystem reichlich gespeist, es füllt sich mit Blut. Wenn das Herz schwach arbeitet, so ist die Folge davon, dass der Blutdruck in den Arterien sinkt, dass die Capillargefässe schlecht gespeist werden, daher die Blässe der Ohnmächtigen, die Blässe der Sterbenden. Andererseits kann aber bei ein und derselben Herzthätigkeit die Menge des Blutes in den Capillaren vermindert werden durch eine stärkere Contraction der Arterien, und es kann ebenso die Menge des Blutes in den Capillaren vermehrt werden dadurch, dass die Muskulatur der Arterien erschlafft, die Wege, durch welche das Blut zu den Capillaren befördert wird, weit offen werden. Das kann aber nicht allein geschehen gleichzeitig in Rücksicht auf den ganzen Körper, sondern es kann sich dies auch in einzelnen Gefässgebieten ereignen. Wir können uns davon sehr deutlich an Kaninchen überzeugen, denen wir den Halstheil des Sympathicus, in welchem die Nerven für das Carotidensystem verlaufen, auf einer Seite durchschneiden. Dann überfüllt sich das ganze Carotidensystem derselben Seite mit Blut, man sieht in den Ohren im durchfallenden Lichte die Arterien stark mit Blut gefüllt neben den Venen liegen, man sieht das ganze Ohr reichlicher mit Blut gespeist als das andere, und man fühlt es auch wärmer, indem es durch das aus dem Innern des Körpers reichlicher kommende Blut mehr erwärmt wird als das andere. Dieser Zustand ist es, welchen wir mit Recht mit dem Namen der Hyperämie, des ungewöhnlichen Blutreichthums, bezeichnen. Den Gegensatz davon, die locale Anämie, können wir sogleich hervorrufen, wenn wir das peripherische Stück des durchschnittenen Sympathicus reizen. Dann ziehen sich alle Arterien zusammen, die Capillaren verarmen an Blut, und die Folge davon ist auch, dass die Temperatur sinkt.

Eine andere Art der anomalen Blutvertheilung findet in der Entzündung statt. Man ist nach der hergebrachten Nomenclatur der Pathologie gewohnt, die Hyperämie als ein Vorstadium, gewissermassen als den Anfang der Entzündung anzusehen. Das ist aber vollkommen unrichtig, denn aus einer Hyperämie wird niemals eine Entzündung. Noch Niemand hat daraus, dass er einem Thiere den Sympathicus am Halse durchschnitten und hiedurch eine locale Hyperämie hervorgebracht hat, eine Entzündung entstehen gesehen. Die Blutvertheilung in der Entzündung ist aber auch ihrem Wesen nach eine ganz andere als bei der Hyperämie. Bei der Hyperämie sind die Gefässe erweitert, und das Organ führt mehr Blut als im normalen Zustande, bei der Entzündung sind es nicht die gesammten Bestandtheile des Blutes, welche gleichmässig in der entzündeten Provinz innerhalb der Gefässe angehäuft sind, es ist vielmehr nur ein Bestandtheil des Blutes, es sind nur die Blutkörperchen, welche in den Capillaren und auch in den kleinsten Arterien und Venen angehäuft sind; Blutplasma ist sogar in den Gefässen der entzündeten Provinz weniger enthalten als im normalen Zustande, weil eben die kleinen Gefässe mit Blutkörperchen vollgestopft sind, welche auch denjenigen Raum einnehmen, den normaler Weise das Plasma einnimmt. Bei der vollkommen ausgebildeten Entzündung, bei der Stase, bei der die Blutkörperchen in den Gefässen fest zusammengedrängt sind, und ihre Bewegung vollständig stockt, stopfen sich manchmal die Arterien bis zu einer nicht unbeträchtlichen Höhe mit Blutkörperchen voll, so dass man nach dem Tode noch

die eigentliche Entzündungsröthe von der sogenannten Leichenhypostase, von der Gefässfülle, die dadurch entsteht, dass das Blut nach den Gesetzen der Schwere einen Theil der Gefässe vorzugsweise anfüllt, dadurch unterscheiden kann, dass man in der entzündeten Provinz neben den mit Blutkörperchen angefüllten kleinen Venen auch die in ähnlicher Weise mit Blutkörperchen angefüllten kleinen Arterien sieht, und dass die Blutkörperchen in dieselben fest eingestopft, in denselben nicht verschiebbar sind. Die Entzündung kommt auch in ganz anderer Weise zu Stande als die Hyperämie. Es entsteht zuerst, nachdem für kurze Zeit der Kreislauf beschleunigt gewesen ist, eine Verlangsamung desselben in der Partie, welche der Entzündung entgegengeht, in einzelnen kleinen Gefässen sogar eine rückgängige Bewegung, dabei häufen sich die Blutkörperchen immer mehr an; während sich eine oder mehrere zuführende kleine Arterien eine Strecke lang verengert haben, erweitern sich unter der Anfüllung mit Blutkörperchen die Capillaren und die Venen, und endlich tritt Stillstand ein. Es ist weiter bekannt, dass sich die Wandungen der kleinsten Gefässe verändern, und dass nicht allein Plasma in grösserer Menge austritt, sondern auch Blutkörperchen, namentlich farblose dieselben durchwandern und nun ausserhalb der Gefässe als Eiterkörperchen auftreten. Endlich verlieren die in den Gefässen angehäuften Blutkörper ihre Contouren, sie fliessen für das Auge zu einer rothen Masse zusammen, im weiteren Verlaufe infiltrirt sich der Farbstoff in das umgebende Gewebe, und wenn sich die Circulation nicht wieder herstellt, so erfolgt der Uebergang in Brand, das heisst in Tod und Zerstörung der Gewebe der entzündeten Provinz. Wenn sich die Circulation wieder herstellt, so setzen sich zuerst an der Grenze der entzündeten Provinz die Blutkörperchen in den kleinen Gefässen wieder in Bewegung, indem bald an der einen Stelle, bald an der andern eine Partie von Blutkörperchen plötzlich herausgestossen wird, die Blutkörperchen sich wieder von einander trennen, und durch den vorübergehenden Blutstrom mit fortgerissen werden. Auf diese Weise frisst sich gewissermassen die Circulation nach und nach in die entzündete Partie hinein, bis sie die Stase gänzlich verzehrt hat.

Ich kann hier nicht näher auf die Theorien über das Zustandekommen der Entzündung eingehen, weil uns das zu weit auf das Feld der Pathologie führen würde, dagegen aber kann ich die Lehre von der Blutvertheilung im lebenden Körper nicht verlassen, ohne noch des Einflusses der Schwere zu gedenken.

Es hat nicht an Leuten gefehlt, welche vermöge seltsamer Missverständnisse über die Grundlehren der Mechanik die Schwere mit als eine Hilfskraft für die Circulation betrachtet haben, von Heberwirkungen sprachen u. s. w. Es wurde dabei eben vergessen, dass ein Pfund Blut, wenn es einen Fuss herunterfällt, nur so viel Arbeit erzeugt, wie verbraucht wird, um ein Pfund Blut einen Fuss hoch zu heben. Aber auf die Vertheilung des Blutes hat, wie Jederman weiss, die Schwere einen sehr wesentlichen Einfluss, und sie kann somit auch den Zufluss des Blutes zu einem bestimmten Körpertheile erleichtern und befördern. Darauf beruht es, dass Ohnmächtige, deren Herz zu schwach arbeitet, um die Circulation durch's Gehirn gehörig zu speisen und im Gange zu erhalten, leichter erwachen, wenn man sie niederlegt, als wenn man sie aufrichtet.

Aus demselben Grunde gab früher, als man noch bis zur Ohnmacht zur Ader liess, Marshall Hall die Regel, man solle dies nie am liegenden Kranken thun, ihn stets vorher aufrichten, damit man durch die beginnende Ohnmacht rechtzeitig gewarnt werde.

Blutvertheilung nach dem Tode.

Das Blut vertheilt sich nach dem Tode anders, weil das Herz nicht mehr arbeitet. Die Blutvertheilung in der Ohnmacht, die Blutvertheilung, wenn das Herz schwach arbeitet, ist gewissermassen der Anfang, der Uebergang zu der Blutvertheilung nach dem Tode, wo das Herz gar nicht mehr arbeitet. Durch das Herz wird fortwährend das Blut in das Arteriensystem hineingetrieben und der Druck im Arteriensystem gesteigert. Wenn das Herz zu arbeiten aufhört, wird das Blut aus den Arterien so lange abfliessen, als der Druck in den Arterien noch grösser ist als der Druck in den Venen. Es wird nicht nur aus den Arterien, es wird auch aus den Capillaren abfliessen, da ja auch in den Capillaren der Druck während des Lebens grösser ist als in den Venen. Mit andern Worten das Blut wird nach dem Tode aus den Arterien und den Capillaren abfliessen und sich im Venensysteme anhäufen. Hiezu kommt aber noch ein zweites Moment, das schon Tiedemann bekannt war, der Umstand, dass einige Zeit nach dem Tode die Arterien enger gefunden werden als man sie später, eine längere Zeit nach dem Tode, findet. Die organischen Muskelfasern der Media ziehen sich vor oder während des Absterbens zusammen, und dadurch werden die Arterien, namentlich die mittleren und die kleineren, sehr stark verengert, später aber lässt diese Verengerung wieder etwas nach. Durch diese Verengerung wird ein Theil des Blutes, welches noch darin enthalten war, wiederum in das Venensystem hineingetrieben, und daher rührt es, dass die Arterien, namentlich die mittleren und kleineren, relativ so blutleer gefunden werden. Sie werden so leer von Blut gefunden, dass bekanntlich die ältesten Anatomen, die den Blutgefässen ihren Namen gaben, den Namen der Arterien aus der Idee ableiten, dass dieselben gar kein Blut, sondern dass sie Luft führten. Wirklich leer sind aber die Arterien post mortem nicht. Namentlich an den grösseren Arterien kann man sich durch die dort vorhandenen Gerinnsel leicht überzeugen, dass dieselben sich keineswegs vollständig entleert haben, und auch von den mittleren und kleinen Arterien wird nur ein Theil vollständig leer gefunden, die Arterien, die so liegen, dass sie sich bei der Verkürzung, welche sie durch ihre Elasticität, wenn der Druck von innen her aufhört, erleiden, platt, bandartig angespannt und so ihr Lumen nahezu auf Null reducirt haben. Einen sehr wesentlichen Einfluss auf die Blutvertheilung in der Leiche hat begreiflich auch die Schwere, indem das Blut aus den höher liegenden Gefässen in die tiefer liegenden abfliesst. Hierdurch wird die Blutüberfüllung derjenigen Theile, die am tiefsten liegen, hervorgerufen, die sogenannte Leichenhypostase.

Die Lymphe.

Es gab eine Zeit, in welcher man die Lymphe für ein Colliquament der Organe hielt. Es hing das mit den damaligen Vorstellungen vom Stoffwechsel zusammen. Man glaubte, dass sich aus dem Blute, welches die Organe durchströmt, die Substanzen ansetzen, sich in die Organe hineinbilden, dort eine Zeit lang dienstbar sind, und, wenn sie unbrauchbar geworden, sich wieder verflüssigen und nun durch die Lymphgefässe fortgeführt werden. Es ist dies eine Ansicht, die wir heutzutage verlassen haben. Wir wissen, dass die Lymphe ihrer Hauptmasse nach der Rest des Blutplasmas ist, welches zur Irrigation der Organe, der Gewebe gedient hat. Die eigentliche Ernährungsflüssigkeit für die Organe, für die Gewebe ist das Blutplasma, welches unter dem Blutdruck fort und fort durch die Wandungen der Capillargefässe hindurchgeht. Dieses durchtränkt die Organe, und der Ueberschuss wird von einem Röhrensystem, welches überall in die Organe hineingelegt ist, zurückgeführt, und dieses Röhrensystem, dieses Drainagesystem, wenn ich mich so ausdrücken soll, ist das Lymphgefässsystem. Es ist dabei nicht ausgeschlossen, dass auch Producte des Zerfalls mit fortgeführt werden, die so wieder ins Blut gelangen und endlich ausgeschieden werden.

Es gibt also für das Blutplasma zweierlei Wege: der eine ist der Weg in geschlossenen Bahnen, der Weg von den Arterien durch die Capillaren in die Venen hinein, und der andere ist der Umweg durch die Gewebe, indem ein Theil des Plasmas durch die Wandungen der Gefässe hindurchgepresst wird, dann durch einen langsamen Filtrationsprocess als Gewebsflüssigkeit durch die Gewebe hindurchgeht, bis er mittelst des Lymphgefässsystems wieder in die Venen zurückkehrt.

Die Flüssigkeit der Lymphe, das Plasma der Lymphe, enthält deshalb auch alle wesentlichen Bestandtheile des Blutplasmas, es ist nur quantitativ etwas anders zusammengesetzt. Es ist ärmer an Eiweisskörpern, weil ein Theil der Eiweisskörper in den Organen verbraucht worden ist: es ist ferner die Lymphflüssigkeit relativ reicher an Wasser und an Salzen, und dann lehrt die Erfahrung, dass die Lymphe in der Regel stärker alkalisch reagirt als das Blutplasma. Die Lymphe scheidet beim Gerinnen auch weniger Fibrin aus als das Blutplasma, sie zeigt auch weniger Neigung zum Gerinnen, so dass sie in der Regel in den Lymphgefässen flüssig bleibt und erst, wenn sie aus diesen herausgenommen wird, an der atmosphärischen Luft, langsam gerinnt. Es hängt dies wohl einerseits zusammen mit ihrer starken Alkalescenz, andererseits auch mit ihrem Mangel an rothen Blutkörperchen. Denn, wenn man der herausgenommenen Lymphe eine ganz kleine Portion Blut, auch defibrinirtes Blut, hinzusetzt, so gerinnt sie in kürzerer Zeit.

Die geformten Elemente der Lymphe sind die Lymphkörperchen, welche wir bereits im Blute unter dem Namen der farblosen Blutkörperchen kennen gelernt haben. Sie werden in den Lymphdrüsen gebildet, und die Art, wie dies geschieht, werden wir bei den Lymphdrüsen näher kennen lernen. Die Lymphkörperchen selbst sind amoeboide Zellen und haben als solche keine bestimmte Gestalt, indem sie vermöge der Contractilität ihres Protoplasmas ihre Gestalt fortwährend ändern, Fortsätze ausstrecken, dieselben wieder einziehen u. s. w. Sie

haben meistens keine einzelnen Kerne, sondern statt dessen einen Kernhaufen, der aus drei, zwei, auch vier Kernen besteht. Das Protoplasma zeigt sich in der Regel mehr oder weniger körnig, aber es ist im einzelnen Falle schwer zu sagen, was von diesen Körnern dem Lymphkörperchen von Hause aus angehört, und was etwa aufgenommen ist. Durch einen ähnlichen Process, wie der, durch den sich die Amöben ernähren, nehmen auch die Lymphkörperchen von ihrer äusseren Oberfläche andere kleinere Körperchen, namentlich Fetttröpfchen auf, dann auch, wenn man ihnen dieselben darbietet, andere kleine Körnchen, welche ihnen nicht zur Nahrung dienen können, z. B. Zinnoberkörnchen. Sie sind im Blute normaler Weise in sehr viel geringerer Menge enthalten als die rothen Blutkörperchen. Krankhafter Weise kann sich aber, wie dies theils bei Milztumor, theils bei Hypertrophie der Lymphdrüsen geschieht, das Verhältniss umkehren, so dass die weissen Blutkörperchen in der Majorität, die rothen Blutkörperchen in der Minorität sind. Das ist dann der Zustand, welchen man mit dem Namen des weissen Blutes bezeichnet. Sie sind beim Menschen und bei den Säugethieren grösser als die rothen Blutkörperchen. Bei den Thieren, die elliptische, kernhaltige Blutkörperchen haben, bei den Vögeln, bei den beschuppten und nackten Amphibien und bei den Fischen, sind sie kleiner als die rothen Blutkörperchen. Ihr Verhältniss zu den rothen Blutkörperchen ist noch nicht festgestellt. Man hat freilich angenommen, dass sie sich durch eine Metamorphose in rothe Blutkörperchen umwandeln, oder, wie andere wollen, dass sie rothe Blutkörperchen in sich erzeugen: es sind dies aber Angaben, für welche bis jetzt noch kein Beweis vorliegt.

Die Lymphgefässe.

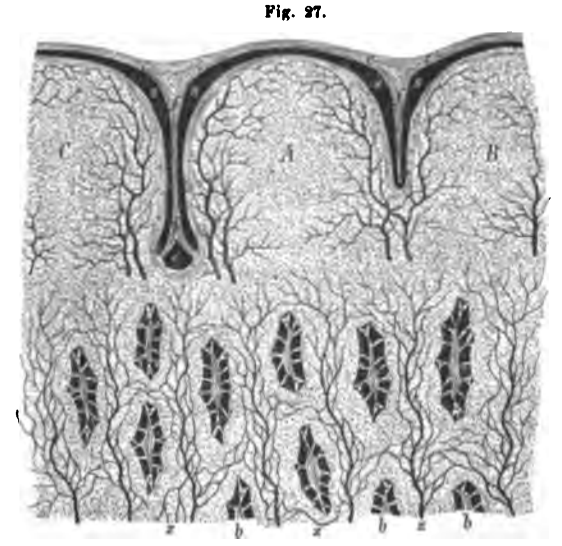
Die Lymphgefässe bilden ein verzweigtes, in seinen einzelnen Theilen zum Theil netzartig mit einander verbundenes Röhrensystem, welches überall in die Organe eingelagert ist, und welches sich vor allen andern Gefässen auszeichnet durch die grosse Anzahl von Klappen, welche jede rückgängige Bewegung hindern. Die Klappen sind Taschenventile, die aus je zwei Taschen bestehen, ganz so wie bei den Venen; aber sie stehen ausserordentlich viel dichter als in diesen, so dass, wenn ein Lymphgefäss stark angefüllt ist, wenn sich die Lymphe darin stauet, dasselbe varicös, knotig erscheint, weil die Lymphe die Taschen ausbaucht, und die Taschen so dicht aneinanderliegen, dass das ganze Gefäss ein perlschnurartiges Ansehen bekommt. Man kann an den Lymphgefässen von mittlerem Durchmesser, wie an den Arterien und an den Venen, drei Häute unterscheiden, eine Tunica intima, eine Tunica media und eine Tunica adventitia. Die Intima besteht zunächst aus einem Epithel, das dem Epithel der Blutgefässe insofern ähnlich ist, als es auch ein einfaches Pflasterepithel ist. Es unterscheidet sich aber von dem Epithel aller Blutgefässe dadurch, dass die Kerne weniger abgeplattet sind, dass sie ellipsoidisch sind und deshalb stärker gegen das Lumen des Gefässes hervorragen, als dies bei den Blutgefässen der Fall ist: auch sind die einzelnen Zellen nicht so wie bei den Blutgefässen in die Länge gezogen. Auf dieses Epithel folgt eine elastische Längsfaserhaut, die der elastischen Intima der Blutgefässe entspricht, und bei den grösseren Lymphgefässen

auch längsverlaufendes Bindegewebe. Dann kommt die Media mit Ringmuskelfasern und dazwischen eingewebten elastischen Fasern. Dann kommt die Adventitia, welche aus Bindegewebe besteht, ausserdem aber auch Längsmuskelfasern enthält, die aber nicht immer genau der Länge nach gehen, sondern mehr oder weniger schief gerichtet sind. Wenn man bis zu den grössten Lymphgefässen, bis zum Ductus thoracicus hinaufsteigt, so hat man erst ein Epithelium, dann eine elastische Intima, nicht nur aus Fasernetzen, sondern auch aus elastischen Platten bestehend, dann eine Schicht von Bindegewebe, dann kommt die Media mit ihren Ringmuskeln und mit ihrem elastischen Gewebe, und endlich eine sehr starke Adventitia aus Bindegewebe, in welcher aber ganze Bündel von im Allgemeinen längsverlaufenden Muskelfasern enthalten sind, die unter einander rhombische Maschen bilden. Wenn man die Gefässe gegen ihre feineren Verzweigungen hin verfolgt, gegen ihre mikroskopischen Enden, so werden die Häute erst im Allgemeinen dünner und dann verschwinden die Muskelfasern aus der Media. Man hat dann noch ein Epithelium, ausserdem noch eine Schicht von Bindegewebe und spärlichen elastischen Fasern, aber auch noch Längsmuskelfasern. Die Längsmuskelfasern der Adventitia gehen weiter auf die feinen Zweige hinauf als die Ringmuskelfasern der Media. Endlich verschwinden auch sie, und man hat jetzt nur noch Bindegewebe, das eine Röhre bildet, eben das Lumen des Gefässes, dessen innere Seite noch mit einem Epithel ausgekleidet ist. Man ist sich nicht überall darüber einig, wie weit denn überhaupt eigentlich die Wandungen der Lymphgefässe reichen. Wir werden auf diesen Gegenstand noch zurückkommen, wenn wir von den Anfängen der Lymphgefässe sprechen. Es ist eine allgemeine Frage, in wie weit man überhaupt einem Kanal oder einem Gefässe noch eine Wand zuzuschreiben habe. Es kommt ganz darauf an, was man unter einer Wand versteht. Wenn ich einen Tunnel durch einen Berg grabe und ihn mit Mauersteinen auskleide, so ist kein Zweifel darüber, dass diese Mauersteine nun die Wand des Tunnels bilden, und als die Wand des Tunnels anzusehen sind. Ehe ich ihn aber mit Mauersteinen ausgekleidet habe, hat er auch eine Wand gehabt, das heisst eine Wand im Sinne der Begrenzung, denn sonst konnte er ja keinen Hohlraum bilden, aber das was ihn begrenzt hat, ist nicht mehr verschieden von der übrigen Substanz, von dem Gesteine, das ihn umgibt. Es ist nun eben Sache der Convenienz, ob man in der Anatomie die Begrenzung eines Kanals auch dann noch eine Wand nennen will, wenn sie von dem umgebenden Gewebe nicht verschieden ist, oder ob man einen solchen Kanal im anatomischen Sinne als wandlos bezeichnen will. Es kann hiernach weiter als ein Gegenstand der Convenienz angesehen werden, ob man alle Räume die mit einem Endothel ausgekleidet sind, blos deswegen schon als mit selbstständigen Wandungen versehen betrachten will. Die Entwickelungsgeschichte macht es im hohen Grade wahrscheinlich, dass diese Endothelzellen genetisch von dem umgebenden Gewebe nicht verschieden sind, sondern sich nur wegen ihrer Lage an einer Oberfläche in anderer Form entwickelt haben.

Die Lymphdrüsen.

Im Verlaufe der Lymphgefässe sind, wie Ihnen allen bekannt ist, drüsenähnliche Organe eingeschaltet, die Lymphdrüsen, die den Anatomen viel Arbeit gemacht haben, bis man endlich ihren Bau genauer kennen gelernt hat. Die Lymphdrüsen haben in der Regel eine nierenförmige oder bohnenförmige Gestalt und sind eingeschlossen von einer bindegewebigen Hülle, die reichlich mit organischen Muskelfasern, contractilen Faserzellen, durchsetzt ist, und sich nach beiden Seiten, stromaufwärts und stromabwärts, in die Wand der Lymphgefässe, zunächst in die Tunica adventitia derselben fortsetzt. Die Lymphgefässe, welche in die Drüse hineingehen, bezeichnet man mit dem Namen der Vasa inferentia, und die Lymphgefässe, welche aus der Drüse herauskommen, bezeichnet man mit dem Namen der Vasa efferentia. Die letzteren sind immer geringer an Zahl als die ersteren. Wir wollen uns nun, da die verschiedenen Lymphdrüsen zwar ihrem Wesen nach, aber nicht ihrer Form, ihrer Architektur nach, gleichgebaut sind, eine bestimmte Art von Lymphdrüsen, die Mesenterialdrüsen, als Paradigma wählen. Wenn Sie sich eine solche durchschnitten denken, so können Sie an ihr eine Corticalsubstanz und eine Medullarsubstanz unterscheiden. Sie unterscheiden beide schon an ihrer Consistenz: die Corticalsubstanz ist fester, die Marksubstanz weicher. Sie unterscheiden sie auch an ihrer Farbe: die Corticalsubstanz ist im Allgemeinen mehr weisslich, die Marksubstanz mehr grauröthlich. Sie unterscheiden sie an ihrem Gefässreichthum, indem die Corticalsubstanz an grösseren Gefässen arm ist, während die Arterien und Venen neben einander an einer meist etwas eingebuchteten Stelle, dem sogenannten Hilus, zum grössten Theile in die Marksubstanz hineintreten. Wenn Sie die Corticalsubstanz auf Durchschnitten näher ansehen, so werden Sie bemerken, dass sie aus lauter sphäroidischen, ovoidischen oder keulenförmigen, oft auch sehr unregelmässig gestalteten, zum Theil mit einander verbundenen Massen besteht, die nach aussen deutlich und scharf begrenzt sind, nach innen aber gegen die Marksubstanz keine deutliche Begrenzung, sondern einen allmäligen Uebergang zeigen. Diese Körper sind es, welche ich mit dem Namen der Drüsenelemente der Corticalsubstanz bezeichne. In der beistehenden Figur ist ein Ausschnitt aus einer Drüse dargestellt. Die Corticalsubstanz ist nach

Fig. 27.



oben gewendet und in den Schnitt fallen ein ganzes, *A*, und zwei halbe, *B*, *C*, Drüsenelemente. Unterhalb dieser Drüsenelemente sieht man die Marksubstanz. Wenn Sie zunächst die Corticalsubstanz ansehen, so finden Sie, dass die Drüsenelemente sich an der Oberfläche markiren, und dass sie nach unten hin keine deutliche Begrenzung haben, sondern allmälig in die Marksubstanz übergehen. Sie sehen, dass dieselben von einander durch tiefe spaltförmige Räume getrennt sind, und dass in diese Räume Fortsätze *ff* hinabgehen, welche von der muskulösen Hülle der Lymphdrüsen ausgehen, und sich in der Tiefe befestigen. Diese Fortsätze enthalten selbst Muskelfasern, und wenn sich diese letzteren in der Hülle und in den Fortsätzen zusammenziehen, so wird die Hülle, *c c*, heruntergezogen, zusammengezogen über die Kuppe dieser Drüsenelemente, und die Räume *s s*, welche Sie zwischen beiden sehen, verschwinden. Wenn dagegen die Muskeln wieder nachlassen, werden diese Räume wieder hergestellt. Auf diese Weise wird an der Oberfläche der Drüsen ein Sinussystem gebildet, welches die oberflächlichen Lymphbahnen darstellt. Die Lymphe gelangt aus den Vasa inferentia in die Vasa efferentia auf zweierlei Wegen, erstens durch diese Sinus und zweitens durch die Wege in der Marksubstanz, welche wir später kennen lernen werden. Die oberflächlichen Lymphbahnen sind, wie gesagt, nicht zu allen Zeiten offen, sie sind nur offen, so lange eben die erwähnten Muskelfasern erschlafft sind. Sie können das besonders schön an Thieren sehen, welche sich in der Resorption befinden, und welche einen fettreichen Chylus resorbiren. Dieser fettreiche Chylus ist milchweiss, während die Elemente der Corticalsubstanz mehr durchscheinend sind. Wenn Sie eine solche Drüse ansehen, so bemerken Sie an der Oberfläche lauter kleine, runde, durchscheinende Flecke, und zwischen denselben sehen Sie, wie milchweisse Striche ein Netz bilden, so dass darin die durchscheinenden Gebilde wie kleine Perlen in weisser Fassung liegen. Diese durchscheinenden, perlartigen Punkte sind die Drüsenelemente, und die milchweissen Striche, die zwischen ihnen hindurchgehen, rühren vom Chylus her, der sich in den Sinus befindet. Wenn Sie nun durch eine solche Drüse die Schläge eines Magnetelectromotors hindurchleiten, dann finden Sie, dass der Chylus, die weisse Substanz, gänzlich verschwindet, und dass die Drüse, die früher auf der Oberfläche glatt und glänzend war, rauh wird, lauter kleine Höcker bekommt, was eben darauf beruht, dass die Hülle zusammengezogen und an den Stellen der Sinus hineingezogen, und dadurch zugleich der Chylus aus den Sinus herausgetrieben wird.

Was nun die Substanz der Drüsenelemente anlangt, so bestehen sie aus einem zarten Bindegewebe, welches zugleich ein Keimlager für lymphoide Zellen ist. Es findet sich darin eine grosse Menge von Kernen, in der Mitte die kleinsten, nach dem Rande hin die grösseren, zum Theil auch schon mit kleinen Mengen von Protoplasma, aber immer mit geringer Entwickelung desselben. Von den Blutgefässen verlaufen die grösseren nahe der Oberfläche und senden ihre feinsten Aeste und Capillaren in das Innere.

Wenn Sie nun von einem solchen Drüsenelemente nach innen zu gegen das Centrum der Drüse hin fortschreiten, so werden die lymphoiden Zellen immer grösser, sie bekommen immer mehr Protoplasma, kurz sie machen immer mehr den Eindruck einer nackten Zelle, die sich ihrer

Reife nähert. Sie liegen dabei zuletzt nicht mehr so gedrängt in einem Stroma von Bindegewebe, sondern dieses wandelt sich in ein eigenthümliches Gerüste um, das Sie sich in seiner Gestalt vorstellen können, wenn Sie sich denken, dass Sie die Zwischenräume eines Kugelhaufens mit Masse ausgössen, und wenn Sie sich dann die Kugeln herausgenommen, und an Stelle derselben die lymphoiden Zellen hineingelegt denken. Nur müssen Sie sich dieses Gerüste selbst noch wieder hohl denken, Sie müssen sich denken, dass in die Substanz desselben noch sinuöse Gänge hineingehen, so dass die Zellen wie von äusserlich mit einander verwachsenen Kapseln eingeschlossen sind; diese sind aber wiederum in ihrer Substanz mehrfach durchbrochen, so dass sie zum grossen Theile nur Maschenräume bilden, in denen die Zellen einlogirt sind. Von den Gängen werden wir später mehr sprechen.

Aus dieser Substanz, die ich Ihnen hier beschrieben habe, aus Zellen, aus einem Gerüste, in dem diese Zellen liegen, ferner aus den Blutgefässen, durch welche dieses Gerüst ernährt wird, besteht nun der Hauptmasse nach die Marksubstanz. Diese Formation ist in Gestalt eines Netzwerks von vielfach mit einander verbundenen Balken angeordnet, und man nennt diese Balken (Fig. 27 *z*, *z*) wegen der grossen Menge von Zellen, welche sie enthalten, die Zellenbalken. Zwischen diesen Balken müssen natürlich Räume bleiben, die ein Labyrinth von Gängen darstellen, und diese Räume sind es, durch welche die Lymphe aus den Vasa inferentia in die Vasa efferentia hinüberfliesst und ausschliesslich hinüberfliesst, wenn die oberflächlichen Lymphwege durch Contraction der Muskelfasern der Kapsel gesperrt sind; es sind die Lymphwege der Marksubstanz. Aber sie sind nicht völlig frei, sondern in denselben befinden sich ziemlich starke Stränge von festerem Bindegewebe *b b*, die für sich auch eine Formation von Balken bilden, und die man deshalb die Bindegewebsbalken nennt. Sie unterscheiden sich von den Zellenbalken erstens dadurch, dass sie sehr viel dünner und meist abgeflacht sind, zweitens unterscheiden sie sich durch ihre Armuth an feineren Blutgefässen: sie enthalten theils gar keine Gefässe, theils ein einzelnes grösseres, das dann meist gegen die Corticalsubstanz hinzieht, um sich dort capillar zu verzweigen; endlich drittens durch ihre Armuth an zelligen Elementen, indem sie nur solche enthalten, wie sie unter dem Namen der Bindegewebskörperchen in allem Bindegewebe vorkommen. Diese Bindegewebsbalken sind mit den Zellenbalken durch netzartiges Bindegewebe verbunden, welches seine Fasern von Zellenbalken zu Bindegewebsbalken, und von Bindegewebsbalken zu Zellenbalken hinüberspannt, und ein zierliches Netzwerk in den tiefen Lymphbahnen, wie es die Fig. 27 zeigt, bildet. (In Fig. 27 ist die Strombahn der Lymphe ebenso wie die des Blutes überall schwarz gehalten, und die Netze und ihre Fäden grenzen sich weiss in der schwarzen Strombahn ab.) Diese Architektur hat einen wesentlichen Nutzen für die Integrität der Lymphdrüsen; denn Sie sehen leicht ein, dass bei Stauungen diese von sehr weichen Wänden umgebenen und unregelmässig gestalteten Lymphbahnen sackartige Ausdehnungen bekommen würden, wenn sie nicht irgend welchen Halt in sich selbst hätten. Diesen Halt bekommen sie eben dadurch, dass in ihrem Innern diese kleinen Stränge von netzförmigem Bindegewebe von einer Wand zur andern hinübergehen.

Die Lymphe, welche durch die tiefen Lymphbahnen ihren Weg nimmt, passirt also kein freies Röhrensystem, sondern ein System von labyrinthartig verzweigten Räumen, in welchen überall Netze gespannt sind, zwischen deren Maschen sich die Lymphe hindurchdrängen muss, um in die Vasa efferentia zu gelangen.

Von den tiefen Lymphwegen aus gehen ferner in die Zellenbalken feine Gänge hinein. Ich habe vorhin gesagt, dass Sie das Gerüst der Zellenbalken sich vorstellen können als dadurch entstanden, dass die Zwischenräume eines Kugelhaufens ausgegossen sind, dass Sie sich dieses Gerüst aber selbst wieder als hohl denken müssen, so dass also jede Zelle welche in einem solchen Raume liegt, von einer eigenen, wenn auch nicht immer vollständigen Kapsel umgeben ist, und die Kapseln wieder äusserlich mit einander theilweise verwachsen sind. Diese Hohlräume in dem Gerüste communiciren nun mit den tiefen Lymphwegen, indem sie von allen Seiten als feine, unregelmässige Gänge in dieselben ausmünden. Diese Gänge sind also auch während des Lebens mit Lymphe gefüllt, es gehen keine Lymphkörperchen hinein, weil sie dazu zu eng sind, aber es geht die Lymphflüssigkeit, das Plasma der Lymphe hinein. Diese Gänge sind zuerst nach einer Lymphdrüse, welche Ludwig von den Vasa inferentia aus mit löslichem Berlinerblau injicirt hatte, von Kowalewski beschrieben worden, und sie führen nach ihm den Namen der Kowalewski'schen Gänge.

Entwickelung der Lymphkörperchen.

Die Lymphkörperchen entstehen in den Lymphdrüsen. Dafür kann man einen einfachen und sehr schlagenden Beweis liefern. Bei den reissenden Thieren sind alle Lymphdrüsen des Mesenteriums in eine grosse Lymphdrüse gesammelt, in das sogenannte Pankreas Asellii, die halbmondförmig an der Wurzel des Mesenteriums liegt. Wenn man nun Lymphe aus den Lymphgefässen des Mesenteriums nimmt, welche in die Drüse hineingehen, so findet man in dieser Lymphe fast gar keine Lymphkörperchen. Es ist gut, das Thier — man wählt am liebsten eine Katze — mit möglichst fettfreiem Fleische zu füttern, weil dann der Chylus der Vasa inferentia klar, wasserhell ist. Wenn man nun zu derselben Zeit den Chylus der Vasa efferentia untersucht, so findet man, dass er trübe ist, dass er opalisirt, und unter dem Mikroskope sieht man, dass dies nur herrührt von einer sehr grossen Menge von Lymphkörperchen, die darin enthalten sind. Wenn also die Vasa inferentia diese Lymphkörperchen nicht enthalten, so müssen sie offenbar aus der Drüse gekommen sein. Wir sind auch nicht in Verlegenheit zu sagen, woher sie kommen: denn wenn wir die ganzen Zellenmassen, von den Drüsenelementen der Corticalsubstanz an bis an die Oberfläche der einzelnen Zellenbalken hin, betrachten, so finden wir lauter lymphoide Zellen, von ihrem ersten Anfange als ein kleines Körnchen, bis zu ihrer vollständigen Ausbildung mit einem vollkommen entwickelten Protoplasmaleibe, und diese am meisten entwickelten Zellen liegen an der Oberfläche der Zellenbalken und begrenzen unmittelbar die tiefen Lymphbahnen. Es unterliegt also keinem Zweifel, dass diese Zellen hier, nachdem sie ihre volle Reife erlangt haben, abfallen, dass sie vom Strome der Lymphe fortgespült und nunmehr in den Vasa efferentia als Lymphkörperchen gefunden werden.

Man findet, wenn auch nicht viele, so doch einzelne Lymphkörperchen auch in Lymphgefässen, welche noch keine solche Lymphdrüse passirt haben. Es führt uns dies darauf, dass es noch eine andere Art von Lymphdrüsen gibt als diejenigen, welche wir bis jetzt kennen gelernt haben. Diejenigen, welche wir bis jetzt kennen gelernt haben, waren die intercalirten Lymphdrüsen, die in den Verlauf der Lymphgefässe eingeschaltet sind, und die deshalb Vasa inferentia und Vasa efferentia haben. Es gibt aber noch eine andere Art von Lymphdrüsen, welche wir mit dem Namen der peripheren oder terminalen Lymphdrüsen bezeichnen, die keine Vasa inferentia haben, aber ganz analoge Keimstätten für die Lymphkörperchen, wie die in den Verlauf der Lymphgefässe eingeschalteten Lymphdrüsen zeigen. Die ersten dieser Gebilde, welche als Lymphdrüsen erkannt wurden, waren die Peyer'schen Drüsen, und ich will deshalb diese auch als Paradigma wählen, um Ihnen zu zeigen, wie der Bau dieser Gebilde mit dem der Lymphdrüsen zusammenhängt, und wie er auf den Bau der Lymphdrüsen zurückgeführt werden kann. Die Peyer'schen Drüsen bestehen aus einem Haufen von einzelnen Elementen, welche, wie Sie wissen, zu sogenannten Plaques neben einander gelagert sind. Wenn man durch eine solche Plaque einen Durchschnitt macht, so findet man, dass sie aus lauter ovoiden Körpern besteht, die mit ihrer breiteren Seite gegen die Muskelhaut gewendet sind, mit ihrem Körper im submucösen Bindegewebe liegen und mit ihrem verdünnten Kopfende gegen die Höhle des Darmes hin und zwischen den Darmzotten hervorragen. Sie entsprechen einem einzelnen Drüsenelemente der Corticalsubstanz einer Mesenterialdrüse, sie haben ein ähnliches Capillargefässsystem mit centripetal verlaufenden Maschen, sie haben ein ganz analoges Keimlager, in dessen mittlerer Partie die jüngsten Elemente liegen, welchen nach der Oberfläche hin immer weiter entwickelte Elemente folgen, und sie haben endlich an ihrer der Muskelhaut zugewendeten Seite Räume, welche den Sinus entsprechen, die die Elemente der Corticalsubstanz von der Kapsel der Lymphdrüsen trennen. Diese Sinus communiciren unmittelbar mit den Chylusgefässen. Das kann man durch ein einfaches Experiment darthun. Man bindet das untere Stück vom Dünndarm ab und spritzt in dasselbe Terpentinöl, das mit Alkanna roth gefärbt ist. Verstärkt man nun den Druck, so reisst irgendwo die Kuppe eines Peyer'schen Drüsenelementes ein, und wenn dies nicht geschieht, so drückt man eine Partie der Drüse, um zwischen den Fingern eine oder die andere Kuppe zu zersprengen. Dann tritt das mit Alkanna gefärbte Oel hinein, und man sieht ein zierliches Netzwerk von rothen Linien um die einzelnen Elemente der Peyer'schen Drüsen herum entstehen, und von diesen rothen Linien aus injiciren sich Bahnen zu den Chylusgefässen, die erst unter dem Peritonäalüberzuge des Darmes und dann im Mesenterium verlaufen. Es sind dies also terminale Lymphdrüsen, welche an den Enden der Chylusgefässe angehängt sind, und das Netz von rothen Linien, das sich im Beginn der Injection füllte, entspricht den Sinus derselben. Wir werden auch später in der Lehre von der Resorption sehen, dass die Fetttröpfchen des Chylus in einzelnen Fällen in diesen Drüsen selbst kenntlich sind.

Nun zeigt die Vergleichung des Baues dieser Drüsen mit dem der solitären Drüsen, welche durch den ganzen Dünndarm zerstreut sind, dass

diese ganz dieselben Bildungen sind, und dass die Peyer'schen Drüsen von den solitären sich nur dadurch unterscheiden, dass sie in Plaques, in Haufen vereinigt, während die andern zerstreut liegen. Also auch die solitären Drüsen sind periphere Lymphdrüsen. Wir finden dann ganz dieselben Drüsen im Processus vermiformis verhältnissmässig dicht gestellt, wir finden sie im ganzen Dickdarm zerstreut unter dem Namen der Solitärdrüsen, der Glandulae simplices majores oder, wie sie auch früher fälschlich genannt wurden, der Schleimfollikel. Wir finden endlich ähnliche Drüsen spärlich im Magen; hier führen sie den Namen der Glandulae lenticulares. Wir finden dergleichen Drüsen in den Tonsillen, wir finden sie auf einer Zone, die auf dem Grunde der Zunge quer von einer Tonsille zur andern übergeht. Diese Gebilde sind sämmtlich periphere Lymphdrüsen. Wenn man aber diese Untersuchungen am Menschen anstellt, so findet man, dass die Drüsenelemente nicht so deutlich in ihrer Form getrennt sind, wie dies bei den Peyer'schen Drüsen und bei den solitären Drüsen des Dünndarmes der Fall ist. Man kann auf den ersten Anblick im Zweifel sein, ob man es wirklich mit solchen peripherischen Lymphdrüsen zu thun habe. Wenn man aber dann die Tonsillen und den Grund der Zunge eines Schweines untersucht, so findet man hier die einzelnen Elemente auf das schönste von einander getrennt, gerade so, wie man sie im Darme als solitäre Drüsen und Peyer'sche Drüsen gefunden. Es beruht dies darauf, dass beim Schweine das Bindegewebe der Organe stark entwickelt ist, und dass in allen Theilen die bindegewebigen Scheiden, mit denen die Organe und Organtheile umgeben sind, vollständiger sind als beim Menschen. Man kann also nicht im Zweifel sein, dass auch beim Menschen diese Gebilde in den Tonsillen und am Grunde der Zunge, die sogenannten Balgdrüsen, peripherische Lymphdrüsen sind. Da aber die Masse mehr diffus verbreitet ist, weniger bestimmt in Drüsenelemente gesammelt, so hat man für diese Art von Gewebe, für diese diffus verbreiteten Keimlager, einen eigenen Namen erfunden, man bezeichnet sie mit dem Namen der adenoiden Substanz. Dergleichen adenoide Substanz findet man auch noch an anderen Orten, z. B. an der Rückwand des Rachens. Ueberall wo diese sogenannte adenoide Substanz sich findet, kann man sagen, dass man es mit peripherischen Lymphdrüsen zu thun habe, mit Keimlagern, welche die Rolle von peripherischen Lymphdrüsen spielen, und die nur nicht so gut, so vollständig getrennt sind, wie die peripherischen Lymphdrüsen im Darme.

Lymphkörperchen also, die man in Lymphgefässen findet, welche noch keine Lymphdrüse passirt haben, können ihren Ursprung haben aus peripherischen Lymphdrüsen, wenn auch der Vegetationsprocess nicht immer ein gleich lebhafter ist, und im Allgemeinen ein viel langsamerer zu sein scheint, als in den intercalirten Lymphdrüsen, den grossen Drüsen, welche im Verlaufe der Lymphgefässe liegen; sie können aber auch noch einen andern Ursprung haben. Man hat beobachtet, dass man in manchen Lymphgefässen, welche sich im normalen Zustande äusserst arm an Lymphkörperchen erwiesen, eine grosse Menge von Lymphkörperchen findet, wenn in ihrem Quellgebiet ein Reizungs-, ein Entzündungszustand eintritt. Wir wissen, dass bei der Entzündung weisse Blutkörperchen durch die Wandungen der Blutgefässe auswandern. Diese müssen also in die interstitielle Gewebsflüssigkeit hineingelangen und

können dann wieder von den Lymphgefässen aufgenommen werden. Ja bei manchen Thieren und an manchen Orten scheiden ja die Wurzeln der Lymphgefässe die kleinen Blutgefässe bis zu einer nicht unbeträchtlichen Höhe ein, so dass noch die kleinen Arterien und Venen innerhalb der Lymphgefässe liegen, und mithin das, was aus dem Blutgefäss herauskommt, direct in das Lymphgefäss hineingelangt. Hering hat diesen Uebergang direct verfolgt, er hat farblose Blutkörperchen aus einem Blutgefässe austreten, in das einscheidende Lymphgefäss eintreten und mit der Lymphe in entgegengesetzter Richtung wieder fortfliessen gesehen.

Wurzeln der Lymphgefässe.

Es ist beschrieben worden, dass die Lymphgefässe mit blinden, handschuhfingerförmigen Wurzeln anfangen. Es ist auch beschrieben worden, dass sie mit geschlossenen Netzen anfangen. Es ist wahr, dass im Verlaufe des Lymphgefässsystems blinde, handschuhfingerförmige Enden vorkommen, es ist auch wahr, dass ganz am Ende und ganz peripherisch Netze vorkommen, aber diese Netze und diese blinden Anfänge sind nicht wirklich, sondern nur scheinbar geschlossen. Sie haben immer kleinere oder grössere Zugänge, von welchen aus sie gespeist werden. Es ist auch in der That schon an und für sich nicht wahrscheinlich, dass sie geschlossen seien, denn man würde dann nicht begreifen, wie die Lymphe aus den Organen in die Lymphgefässe hineinkommen soll. Wenn man ein Röhrensystem behufs der Drainage in einen Acker einlegt, so müssen die Drainageröhren immer an ihren Enden offen sein, denn sonst kann keine Flüssigkeit in dieselben hineingelangen. Gerade so ist es nothwendig, dass die Drainageröhren, welche in die Organe hineingelegt sind, Oeffnungen haben, durch welche die Flüssigkeit hineingelangt. Man hat gesagt, die Flüssigkeit solle durch die Wandungen hindurchsickern, sie soll aufgesaugt werden, wie von Capillarröhren. Man scheint eine wunderbare Vorstellung von den Capillarwirkungen zu haben, wenn man glaubt, dass durch Capillarwirkung aus den interstitiellen Gewebsräumen die Flüssigkeit in die im Verhältniss zu diesen interstitiellen Gewebsräumen weiten Lymphräume hineinsteigen sollte. Wenn man sich denkt, dass die Lymphe durch Druck in die handschuhfingerförmigen Wurzeln oder in die Endnetze hineingelange, so vergisst man dabei, dass die Wände an einander gedrückt werden würden, und somit das Eintreten der Flüssigkeit hindern müssten. Es lässt sich aber auch empirisch nachweisen, direct mit den Augen verfolgen, dass diese Röhren mit offenen Enden anfangen, und zwar mit offenen Enden in den interstitiellen Gewebsräumen. Das kann man am besten am Darme verfolgen. Aus der Darmschleimhaut nehmen die Lymphgefässe nicht blos das überschüssig ausgeschiedene Blutplasma, sondern auch das, was aus der Höhle des Darms an Nahrungsstoffen resorbirt ist, den sogenannten Chylus auf. Dieser ist meistens milchweiss wegen des Fettes, welches in ihm emulgirt ist, und man kann ihn deshalb leicht auf seiner Wanderung verfolgen. Da gibt es keine Irrthümer, welche bei künstlicher Injection durch zu starken Druck oder dergleichen hervorgerufen werden, denn hier ist der Chylus in seiner natürlichen Lage, man sieht ihn in seinem natürlichen Wege und verfolgt ihn bis in

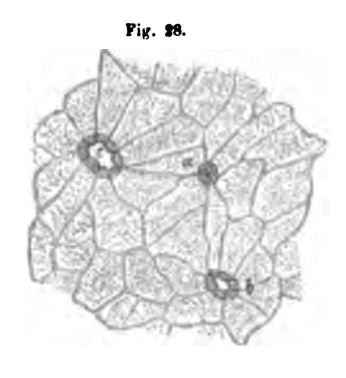
die Lymphgefässe des Mesenteriums, und dabei sieht man, dass sich jede Zotte ja oft die ganze Darmschleimhaut in ihren interstitiellen Gewebsräumen mit Chylus antrinkt, so dass sie gleichsam einen Sumpf von Chylus darstellt, und dass die Chylusgefässe nun wie offene Abzugskanäle aus diesem Sumpfe hervorgehen und sich mit Chylus füllen. Aber auch an verschiedenen andern Orten hat sich dasselbe gezeigt. Es war schon den älteren Anatomen bekannt, dass man manchmal bei der Einspritzung von Blutgefässen, namentlich wenn dieselbe bald nach dem Tode gemacht wird, Injectionen der Lymphgefässe bekommt, so schön, wie man sie sonst durch viele Mühe und Arbeit nicht darstellen konnte, einfach dadurch, dass sich Capillarextravasate bildeten und die Injectionsmasse, welche in das Gewebe übergetreten war, ihren Weg durch die Lymphgefässe zurückfand. Ausserdem hat Herbst schon vor längerer Zeit einen Versuch angegeben, den ich mehrmals wiederholt und immer bestätigt gefunden habe. Man injicirt einem lebenden Hunde Milch in die Jugularis, so viel er eben verträgt; man lässt sie am besten langsam durch einen Trichter einfliessen. Dann injiciren sich die Lymphgefässe überall auf das schönste mit einer weisslichen Flüssigkeit. Auf der Lunge, auf der Leber kann man die oberflächlich liegenden Stämme mit blossen Augen verfolgen, und wenn man den Inhalt der Lymphgefässe untersucht, so findet man, dass eine grosse Masse von Milchkörperchen und Blutkörperchen darin ist. Es ist also klar, dass die Wände der Capillaren nachgegeben haben, dass Milch und Blut mit einander gemischt in die interstitiellen Gewebsräume gelangt sind, und dass sie sofort vom Lymphgefässsystem zurückgeführt wurden, was wiederum darauf hinweist, dass das Lymphgefässsystem mit offenen Enden anfängt, indem nicht nur Flüssigkeit, sondern auch Milchkörperchen und Blutkörperchen auf diesem Wege zurückgelangt sind. Dann ist es Ludwig gelungen, die Lymphgefässe des Hodens bei Hunden vom Samenstrang aus zu injiciren, und er hat hier gefunden, dass die Injectionsmasse in Räume gelangte, welche im Bindegewebe zwischen den einzelnen Samenkanälchen liegen, und in welchen sich auch die Capillargefässe befinden, die Blutcapillaren, von welchen die Samenkanälchen umsponnen sind. Es hatte also hier die directe Erfahrung gerade das gezeigt, was man erwarten musste, nämlich, dass die Quellen des Lymphgefässsystems da liegen, wo die Capillaren des Blutgefässsystems liegen. Denn die Lymphe ist ja eben das überschüssig ausgeschiedene Plasma, und folglich müssen die Lymphgefässe ihre Quellgebiete da haben, wo dieses Plasma ausgeschieden wird.

v. Recklinghausen hat in einer Reihe von Organen ein eigenes System von Kanälen, wie er sie nennt, Saftkanälchen beschrieben, kleine Räume, von denen die Gewebe durchzogen und durchgraben sind, und die im Leben theils mit Flüssigkeit gefüllt sind, theils aber auch mit den Fortsätzen von zelligen Elementen, welche noch ihre Contractilität bewahrt haben und Fortsätze in diese Räume hineinstrecken, eventuell sich auch in diesen Räumen fortbewegen. Speciell aus diesem Systeme von Saftkanälchen hat man das Lymphgefässsystem abgeleitet. Wenn auch kein Zweifel vorhanden ist, dass es mit dem Quellgebiete des Lymphsystemes in Communication ist und räumlich einen Theil desselben ausmacht, so ist es doch nicht gerechtfertigt, es vor anderen interstitiellen Gewebsräumen, insonderheit vor den Räumen, welche sich den Blutcapillaren

zunächst befinden, zu bevorzugen: denn die wahren Quellen des Lymphstromes sind doch nur immer da, wo sich das Material ansammelt, welches ihn speist, und dieses Material ist das ausgeschiedene Blutplasma. Man könnte freilich auch alle Räume in den Geweben und Organen, in denen das irrigirende Plasma fortsickert, und aus denen es in die Lymphgefässe gelangt, als Saftkanälchen bezeichnen, aber man würde damit kaum das Passende getroffen haben, da diese Räume nicht alle die Gestalt und Eigenschaften von Kanälen haben.

In den serösen Häuten gibt es nun auf den ersten Anblick ganz andere Lymphgefässe, oder Lymphgefässe mit einer ganz anderen Art des Anfanges. Da findet man schöne Netze mit anscheinend geschlossenen Wandungen, die ein zierliches und feines Maschenwerk bilden, sowohl auf der unteren Seite des Zwerchfells, als auf der Pleura. Auch diese Anfangsnetze der Lymphgefässe sind nur scheinbar geschlossen. Sie haben directe Communicationen mit den serösen Höhlen. v. Recklinghausen fand schon vor einer Reihe von Jahren, dass, wenn man einem lebenden Kaninchen Milch in die Bauchhöhle injicirt, diese nach einiger Zeit die Lymphgefässe des Zwerchfells anfüllt. Ebenso hat man am frisch getödteten Thiere von der concaven Seite des Zwerchfells die Lymphgefässe desselben injicirt, indem man durch künstliche Respiration einen wechselnden Druck erzeugte.

Fig. 28.



Die sich hier füllenden Netze liegen unter der Oberfläche und communiciren durch eigene Oeffnungen, durch eigene Stomata, mit den serösen Höhlen. Ludwig und Schweigger-Seidel haben diese Netze mit löslichem Berlinerblau injicirt, und die Communicationen mit den serösen Höhlen auf Querschnitten dargestellt. Sehr leicht kann man sie an dem Peritoneum des Frosches auffinden. Sie sind in Fig. 28 nach Schweigger-Seidel und Dogiel von der Fläche gesehen dargestellt. Durch einen Rest von contractilem Protoplasma, das sich die sie zunächst umgebenden Zellen bewahrt haben, scheinen sie sich schliessen und öffnen zu können. In Fig. 28 zeigt *a* ein geschlossenes, *b* ein halbgeöffnetes, *c* ein ganz geöffnetes Stoma.

Ausserdem scheinen diese Netze auch mit interstitiellen Gewebsräumen zusammenzuhängen, die nur hier wegen der Festigkeit, mit der das umgebende Gewebe gefügt ist, spärlich und eng sind. Die Hauptmasse ihres Inhaltes stammt jedenfalls aus den serösen Höhlen, aus denen sie die überschüssig ausgeschiedene, ihrerseits aus den unter der Oberfläche verbreiteten Blutgefässen stammende Flüssigkeit zurückführen.

Die Triebkräfte für den Lymphstrom.

Wir haben gesehen, dass die Lymphe ihrer Hauptmasse nach der Rest des in die Gewebe ausgeschiedenen Plasmas ist. Das Blutplasma wird unter dem Drucke ausgeschieden, welcher in den Capillaren herrscht.

Dieser Druck ist aber jedenfalls grösser als der Druck in den Venen, und namentlich grösser als der Druck in den Venen da ist, wo die grossen Lymphstämme, der Ductus thoracicus und der Ductus lymphaticus communis dexter in das Venensystem einmünden. Nun erreicht zwar der Druck in den Geweben nicht den, der in den Capillargefässen herrscht, denn dadurch eben, dass er geringer ist, wird ja Plasma aus den Capillaren in die interstitiellen Gewebsräume ausgeschieden, aber immerhin müssen wir annehmen, dass der Druck hier grösser sei als im Bildungswinkel der Vena anonyma dextra und sinistra, wo er zur Zeit der Inspiration so beträchtlich sinkt, und dass die Lymphe in den Lymphgefässen schon deshalb fortgetrieben wird, weil sie aus der Gegend des grösseren Druckes gegen die Gegend des geringeren Druckes hinfliesst; zweitens aber müssen alle Bewegungen, insofern sie einen wechselnden Druck auf die Lymphgefässe ausüben, mit dazu beitragen, die Lymphe in ihrer natürlichen Stromesrichtung vorwärts zu schieben, weil jede Bewegung in entgegengesetzter Richtung durch die zahlreichen Klappen gehindert ist. Insbesondere aber sind es wieder die Respirationsbewegungen, welche einen wesentlichen Werth für die Fortbewegung der Lymphe haben, indem bei der Inspiration der Druck in der Brusthöhle vermindert und der Druck in der Bauchhöhle vermehrt wird, und so die Lymphe aus den Gefässen der Unterleibshöhle in den Ductus thoracicus förmlich aufgepumpt wird. Aber auch der Einfluss der activen und passiven Bewegungen der Glieder ist stets aufs deutlichste hervorgetreten, wenn man an den grossen Lymphstämmen der Extremitäten experimentirte und die aus ihnen ausfliessende Lymphe auffing.

Man kann aber auch kaum zweifeln, dass die Contractilität der Wände der Lymphgefässe selbst mit zur Fortbewegung der Lymphe beiträgt. Es ist sehr wahrscheinlich, dass die Lymphe, wenn sie ein Lymphgefäss bis zu einem gewissen Grade prall anfüllt, als Reiz für die Muskelfasern in den Wänden dieses Lymphgefässes wirkt und sie zur Contraction anregt, so dass das Lymphgefäss seinen Inhalt austreibt. Nach den Beobachtungen von Arnold Heller ist die Contraction sogar eine rhythmische. Arnold Heller hat an durch Chloralhydrat betäubten Meerschweinchen, deren Mesenterium er über einen Korkring herausgelegt hatte, unter dem Mikroskope die Lymphgefässe sich im Mittel sechsmal in der Minute zusammenziehen und sich wieder erweitern gesehen. Es schritt dabei die Contraction von der Peripherie gegen das Centrum, also vom Darme gegen die Anheftungsstelle des Mesenteriums hin vorwärts, und somit in der natürlichen Richtung, in welcher die Lymphe fortbewegt wird. Lymphherzen, wie man sie bei den andern Wirbelthieren kennt, locale Pumpwerke, durch welche die Lymphe aus dem Lymphgefässsystem in das Blutgefässsystem eingepumpt wird, kennt man bis jetzt bei den Säugethieren und beim Menschen nicht.

Drüsen ohne Ausführungsgänge.

Wir haben jetzt eine Reihe von Organen zu betrachten, welche in der Anatomie mit dem Namen der Drüsen ohne Ausführungsgänge, auch mit dem der Blutgefässdrüsen belegt sind, und von denen uns

einige noch nahe Beziehungen zum Lymphgefässsysteme darbieten werden. Wir wollen den Anfang machen mit der Thymus.

Die Thymus.

Die Thymus besteht aus einer grossen Menge von kleinen Läppchen, die durch Bindegewebe mit einander verbunden sind, und deren jedes insofern sein eigenes Gefässsystem hat, als in jedes eine oder mehrere kleine Arterien hineingehen, und das Blut durch eigene kleine Venen wieder herausgeführt wird. Abgesehen von den Capillaren, welche diese kleinen Arterien in die Läppchen hineinschicken, bestehen die letzteren aus einem bindegewebigen Stroma und einer grossen Menge von Zellenkeimen in verschiedenen Graden der Entwicklung zu lymphkörperähnlichen Zellen, kurz wir haben hier das vor uns, was wir mit dem Namen der adenoiden Substanz bezeichnen. Die Thymus wächst im Embryo rascher als andere Organe, sie hat aber zur Zeit der Geburt noch nicht das Maximum ihrer Grösse erreicht, indem sie während des ersten Jahres noch weiter wächst. Dann bleibt sie eine Weile stationär und geht mit dem zwölften oder dreizehnten Jahre ihre regressive Metamorphose ein. Kölliker gibt indessen an, dass er manchmal bei Individuen von zwanzig Jahren noch eine ganz succulente Thymus gefunden habe. Man beschreibt in der Thymus eine eigene Höhle, welche den Namen der Thymushöhle führt. Sie kommt aber nicht überall vor. Man kann sehr häufig die Thymus von neugebornen Kindern durchschneiden, ohne dass man irgend etwas von dieser Thymushöhle vorfindet. Da wo sie vorkommt, sind ihre Wände rauh und die umgebende Substanz erweicht. Sie ist eine Lücke, welche aus einem im Innern der Thymus stattfindenden Schmelzungsprocesse hervorgegangen ist, einem Schmelzungsprocesse, mit dem die regressive Metamorphose einhergeht, welche nach und nach die ganze Substanz der Thymus aufzehrt und ein lockeres sich später mehr verdichtendes Bindegewebe zurücklässt.

Nach ihrem mikroskopischen Baue muss man die Thymus den peripherischen oder terminalen Lymphdrüsen anreihen, indem sie ganz aus sogenannter adenoider Substanz besteht, welche aber nur während des embryonalen Lebens und während des jugendlichen Alters functionirt und später zu Grunde geht. Es treten auch beträchtliche Lymphgefässe heraus, die sich aus oberflächlich verlaufenden Aesten zusammensetzen.

Dass eine Lymphdrüse ausschliesslich für das jugendliche Alter existire und später schwinde, hat nichts Unwahrscheinliches. Es mag in der Jugend ein grosser Bedarf an farblosen Blutkörperchen gedeckt werden müssen. Auch die übrigen Lymphdrüsen sind in der Kindheit relativ gross und im späteren Alter, im Greisenalter, nehmen sie nicht nur relativ, sondern auch absolut an Masse so bedeutend ab, dass berühmte Anatomen des vorigen Jahrhunderts noch in Zweifel sein konnten, ob nicht im höchsten Alter die Lymphdrüsen gänzlich verschwänden. Es geht dieser Process so vor sich, dass nicht mehr so viel Zellen nachgebildet werden, als fortwährend in Gestalt von Lymphkörperchen aus den Lymphdrüsen herausgeschwemmt werden, dass mithin die Zellenbalken immer kleiner und dünner, manche von ihnen ganz aufgezehrt werden, so dass nun die Anzahl der tiefen Lymphbahnen im hohen

Alter geringer ist, aber die einzelnen Lymphbahnen viel breiter sind als in früheren Lebensjahren. Endlich setzt sich der Process der Atrophie oder vielmehr der mangelhaften Nachbildung auf die Elemente der Corticalsubstanz fort, so dass die ganze Lymphdrüse auf den dritten, auf den vierten Theil, ja noch weniger, ihres früheren Volums verschrumpft.

Die Milz.

Die grösste unter allen sogenannten Drüsen ohne Ausführungsgang ist die Milz. Die Milz hat eine fibröse Kapsel, welche eng mit dem Bindegewebe zusammenhängt, das in der Milz selbst verbreitet ist. Dieses Bindegewebe ist bei verschiedenen Thieren verschieden reichlich entwickelt und bildet bei manchen derselben, z. B. bei den Pferden, ein starkes Balkennetz, welches die ganze Milz durchsetzt, und welches überall an seinen Enden mit der fibrösen Kapsel in Verbindung steht. In diesem Balkenwerk verlaufen die grossen Stämme der Gefässe und auch die Nerven, und ausserdem enthält dieses Balkenwerk reichliche Muskelfasern, vermöge welcher sich die Milz zusammenziehen kann. Es wird dabei der grösste Theil des in ihr enthaltenen Blutes ausgetrieben, während sie wiederum, wenn die Muskelfasern erschlaffen, eine grosse Menge von Blut aufnimmt. Damit hängt die sehr variable Grösse der Milz zusammen. Man kann die Contractilität der Milz direct untersuchen, indem man einen Hund mit Opium narkotisirt, ihm einen Schnitt in die Bauchdecken macht und die Milz zu Tage legt. Anfangs zieht sie sich gewöhnlich auf den Reiz der atmosphärischen Luft zusammen, wenn man aber dann eine Zeit lang wartet, so vergrössert sie sich wieder, ihre Oberfläche wird glatt und glänzend, und ihre Farbe wird tief dunkelroth. Wenn man nun die einander bis auf etwa einen viertel Zoll genäherten Electroden eines Neef'schen Magnetelectromotors auf eine Stelle der Milz aufsetzt, so entsteht an dieser eine Grube, und die Stelle erblasst indem hier eine locale Contraction entsteht, vermöge welcher das Blut ausgetrieben wird. Ja man kann auf einer solchen Milz förmlich schreiben, man kann mit den nahe aneinanderstehenden Electroden langsam Linien ziehen, und es bilden sich Furchen und blasse Streifen in der Richtung, in welcher man die Linien gezogen hat. Weniger gut ist die Contractilität an der Menschenmilz nachgewiesen. Es unterliegt keinem Zweifel, dass auch in der Menschenmilz Muskelfasern enthalten sind, denn es verzweigen sich ja in ihr zahlreiche Blutgefässe, und die Blutgefässe als solche enthalten schon in ihren Wandungen Muskelfasern. Aber das Balkenwerk ist in der Milz des Menschen bei Weitem nicht so entwickelt, als dies bei Hunden, Pferden und Schweinen der Fall ist, und man hat auch keine so gute Gelegenheit, sich von der Contractilität desselben zu überzeugen. Die einzigen Leichen, welche sich zu solchen Untersuchungen eignen, weil man sie früh genug bekommt, und früh genug öffnen darf, sind die Leichen von Geköpften. Diese haben aber immer eine so grosse Menge von Blut verloren, dass an und für sich die Milz schon sehr zusammengefallen ist, so dass man Contractionen an derselben nicht mehr mit der Deutlichkeit wahrnimmt, mit welcher man sie an den blutreichen Milzen lebender Thiere beobachten kann. Es sind deshalb die Versuche an Hingerichteten mit ungleichmässigen Resultaten

angestellt worden; die Einen geben an, sie hätten Contractionen in der Milz gesehen, die Andern geben an, sie hätten keine gesehen. Die aber, welche angeben, sie hätten Contractionen bemerkt, beschreiben sie so, dass man sagen muss, dass die Erscheinungen im Wesentlichen mit denjenigen übereinstimmen, welche man an der Hundemilz gesehen hat. Auch haben Botkin und seine Schüler Verkleinerung vergrösserter Menschenmilzen an Lebenden beobachtet als directe Folge einer Reihe von Inductionsschlägen, welche durch die Haut zugeleitet wurden. Man hat deshalb keinen Grund an der Contractilität der Menschenmilz zu zweifeln, wenn auch die Contractionen nicht mit solcher Kraft erfolgen können, weil das muskulöse Balkengewebe nicht so entwickelt ist, wie beim Hunde und Pferde.

In das Balkengewebe treten nun, wie wir gesehen haben, die Aeste der grossen Blutgefässe ein. Die Arterien verzweigen sich im Ganzen baumförmig, dann aber fangen sie auch an zahlreiche Aeste unter spitzen Winkeln zu treiben, so dass sie mehr pinselartig verzweigt erscheinen. Zwischen ihren kleineren Aesten und an ihren kleineren Aesten hängen eigenthümliche Bildungen, die wir mit dem Namen der Malpighi'schen Körperchen bezeichnen. Diese sind Keimlager, ähnlich wie wir sie in der Corticalsubstanz der intercalirten Lymphdrüsen und in den terminalen Lymphdrüsen finden, nur sind sie etwas ärmer an Blutgefässen. Die Menge der Capillaren, die in sie hineingeht, ist nicht so gross wie in den Solitärdrüsen, wie in den Elementen der Peyer'schen Plaques und der Corticalsubstanz der Lymphdrüsen. Im Uebrigen aber haben sie wie diese ein zartes Bindegewebsstroma und bilden ein Nest von lymphoiden Zellenkeimen in verschiedenen Entwickelungsstadien. Sie sind mit einer mehr oder weniger vollkommenen Bindegewebskapsel umgeben. Beim Schweine ist wiederum diese Bindegewebskapsel sehr vollständig entwickelt, und darum lassen sich diese kleinen Körperchen am Schweine am besten untersuchen. Wenn man die Milz eines Schweines, nachdem man die Kapsel abgezogen hat, unter Wasser zerdrückt und ausschwemmt, so schwemmt man eine weiche Substanz heraus, welche unter dem Namen der Milzpulpe bekannt ist, und behält nun das Balkengewebe mit den Arterien und Venen zurück, und da sieht man an den kleinen Arterien, wie Beeren an Stielen, kleine runde Körperchen hängen, welche unter dem Mikroskope sich als die Malpighi'schen Körperchen erweisen. Manchmal umgibt das Körperchen das ganze Gefäss, so dass es von der kleinen Arterie durchbohrt wird: manchmal sitzt es auch gerade an oder in einer gabligen Theilung der Arterie, manchmal umgibt es die Theilungsstelle. Beim Menschen lassen sich für die Beobachtung mit der Lupe und im auffallenden Lichte die Malpighi'schen Körperchen nicht so gut wie aus der Schweinemilz darstellen, weil sie durch die Kapsel weniger gut gegen die umgebende Substanz abgegrenzt sind, so dass sie beim Zerdrücken und beim Auswaschen der Milz unter Wasser häufig zerfallen, wenigstens nicht mit so bestimmten Begrenzungen erscheinen, wie dies bei der Schweinemilz der Fall ist.

Bei diesem Auswaschen der Schweinemilz unter Wasser haben wir zwei durch ihre Consistenz sehr verschiedene Substanzen unterschieden, wir haben sie durch einen ziemlich rohen Process von einander getrennt, nämlich einerseits das Balkengewebe mit den Gefässen und den

Malpighi'schen Körperchen, und andererseits die sogenannte Pulpa lienis, welche wir zerquetscht und ausgewaschen haben. Was ist nun diese Pulpa lienis? Sie ist, abgesehen von ihren Gefässen, eine sehr weiche, sehr zerreibliche adenoide Substanz, das heisst, sie besteht aus lymphoiden Zellen, aus nackten Zellen in allen möglichen Stadien der Entwickelung, welche in ein sehr lockeres Stroma eingeschlossen sind. Dieses Gewebe füllt den ganzen Raum zwischen den Balken und den Malpighi'schen Körperchen aus.

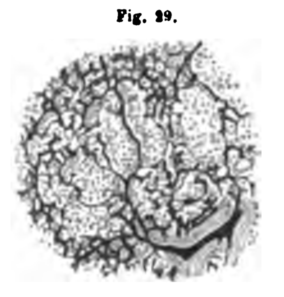
Ein sehr eigenthümliches Verhalten zeigen die Blutgefässe in dieser Pulpa lienis, die in einem von Billroth zuerst beschriebenen Netzwerke, das dicht mit lymphoiden Zellen gefüllt ist, ihre Stütze findet. Nachdem die Arterien capillar zerfallen sind, verbreiten sich diese Capillaren zunächst mit ihrem ganz gewöhnlichen Charakter, als Capillaren, die mit besonderen Wänden versehen sind, sowohl in dem Gewebe der Balken, als auch in den Malpighi'schen Körperchen. Von da ab treten sie aber in die Pulpa lienis über, und in dieser nehmen ihre Wände einen ganz eigenthümlichen Charakter an, oder richtiger gesagt, ihre Wände hören im stricten Sinne des Wortes auf zu existiren, indem sich die Gefässe in eine Menge von Blutbahnen auflösen, welche sich in der Pulpa lienis als Kanäle verzweigen, die nicht mehr drehrund, sondern unregelmässig gestaltet sind, mit austretenden Kanten und Spitzen, die seitlich in engere Kanäle auslaufen, ziemlich ähnlich den Kowalewski'schen Gängen, welche wir in den Lymphdrüsen kennen gelernt haben, nur mit dem Unterschiede, dass in diesem Kanalsysteme, welches hier in das lockere Gewebe der Pulpa lienis gegraben ist, nicht Lymphe, sondern Blut fliesst, beziehungsweise Blutplasma in denjenigen sich seitlich abzweigenden Kanälen, die zu eng sind, um Blutkörperchen aufzunehmen. In diesem sogenannten intermediären Gefässsysteme bespülen Blut und Plasma unmittelbar die Zellen der Milzpulpa und das netzförmige Stroma, in welches dieselben eingelagert sind.

Aus diesem Labyrinth von Blutbahnen sammelt sich das Blut wieder in kleine Venen, und diese durchbohren mit ziemlich kurzen Stämmen die Wände der grösseren und münden in dieselben ein. Schneidet man eine solche grössere Vene auf, so findet man, dass sie auf der inneren Fläche viele, viele Löcher hat, als ob sie mit einer Nadel durchprickelt wäre. Diese Löcher sind die Einmündungen der kleinen Venen und führen den Namen der Stigmata Malpighii.

Es ist behauptet worden, dass auch in der Pulpa lienis die Capillaren ebenso ihre Wandungen hätten, wie in der übrigen Milz, dass überhaupt die Capillaren der Pulpa lienis gewöhnliche Capillaren seien, wie die anderer Organe, dass man sie nur bei der Injection leicht zerreisse, und dann ein Lacunensystem fülle, das normaler Weise und im Leben gar nicht mit Blut gefüllt sei. Diese Behauptung ist aber unrichtig. Man kann sich auf leichte Weise davon überzeugen. Man legt bei lebenden Thieren vorsichtig eine Schlinge um die Arteria und Vena lienalis und zieht dieselbe zu. Dann kann natürlich von einem Extravasate keine Rede sein, sondern man fixirt nur das Blut, man ertappt es an den Orten, die es gerade einnimmt. Jetzt schneidet man die Milz aus und legt sie in Chromsäure. Wenn man dann von einer solchen Milz Durchschnitte macht, so findet man die Blutkörperchen in diesem

sogenannten intermediären Gefässsysteme, so dass man nicht daran zweifeln kann, dass dasselbe normaler Weise mit Blut gefüllt sei. Man sieht auch schon die Unregelmässigkeit der Begrenzungen und überzeugt sich, dass diese vom Pulpagewebe selbst gebildet werden, und nicht von eigenen, von diesem verschiedenen und trennbaren Wandungen. Wenn man die Milz mit einer Injectionsmasse aus Leim und löslichem Berlinerblau füllt, so erhält man ganz dieselben Bilder, wie sie Wilhelm Müller in seiner Abhandlung über den Bau der Milz gegeben hat. Fig. 29 zeigt eines dieser Bilder aus der Milz der Saatkrähe, einen Arterienast mit von ihm abgehenden Capillaren, die das Blut in das intermediäre Gefässsystem der Pulpa führen. Es ist also kein Zweifel, dass dieses Gefässsystem in dieser Gestalt wirklich vom Blute durchkreist wird; dabei bleibt es aber allerdings richtig, dass man schliesslich so viel Injectionsmasse hineinpressen kann, dass die natürlichen Räume über das Maass ausgedehnt werden, auf welche sie im Leben das Blut ausdehnt, und dass endlich auch künstliche Räume erzeugt werden, die an und für sich nicht in der Milz vorhanden sind. Es zeigt sich letzteres daran, dass das in guten Injectionen in einem reichen aber feinen Kanalsysteme vertheilte Berlinerblau zu grösseren extravasatartigen Massen zusammenfliesst.

Fig. 29.



Wir haben es versucht, uns eine Einsicht in den Bau der Milz zu verschaffen; es handelt sich jetzt darum, so viel als möglich von der Function derselben kennen zu lernen. Der kürzeste Weg hiezu scheint auf den ersten Anblick zu sein, dass man die Milz ausschneidet und untersucht, welche Functionen ausfallen. Das hat man auch zu wiederholten Malen gethan. Die Thiere haben in der Regel die Operation gut überstanden, aber seinen Zweck hat man nicht erreicht, denn die Thiere waren eben nachher, wie sie vorher gewesen waren.

Man hat behauptet, die Milz spiele eine Rolle bei den Geschlechtsfunctionen. Da man fand, dass auch Thiere, denen die Milz ausgeschnitten wurde, noch ihr Geschlecht fortpflanzten, so hat man gemeint, die Tyreoidea vicarire für die Milz. Es hat sich aber durch die Versuche von Bardeleben gezeigt, dass dies auch unrichtig ist, dass man auch die Tyreoidea ausschneiden kann, ohne etwas Wesentliches zu ändern. Aus diesen Versuchen geht nun so viel hervor, dass die Milz, trotzdem sie ein so grosses und mächtiges Organ ist, keiner Cardinalfunction ausschliesslich vorsteht, und wir müssen uns daher fragen, was sie denn sonst wohl leisten mag? Zunächst ist es klar, dass sie als Blutreservoir dienen kann, und dass sie die Blutmenge verändern kann, welche in andere Theile, speciell in den Magen hineingeht. Wenn die Muskelfasern der Milz erschlafft sind, so kann die Milz eine bedeutende Menge von Blut aufnehmen, es kann auch in der Zeiteinheit eine beträchtliche Menge von Blut durch sie hindurchgehen. Wenn die Muskelfasern der Milz sich zusammenziehen, so muss erstens das Blut, welches in der Milz enthalten ist, grösstentheils in die übrige Circulation zurückkehren, zweitens ist aber dann auch die Circulation durch die Milz in sehr

hohem Grade erschwert. Sie werden das erwarten müssen, wenn Sie bedenken, dass das Blut nicht nur durch die gewöhnlichen Capillaren, sondern auch durch die Blutbahnen des intermediären Gefässsystems hindurchgehen muss, und diese Blutbahnen nun alle in der Weise zusammengedrückt sind, dass die Milz erblasst. Wegen der Anastomosen nun, welche die A. lienalis mit den übrigen Aesten der Coeliaca hat, die direct und indirect zum Magen hingehen, muss der Contractionszustand der Milz einen wesentlichen Einfluss auf die Circulationsverhältnisse des Magens ausüben.

Zweitens zeigt es sich, dass in der V. lienalis stets eine viel grössere Menge von weissen Blutkörperchen enthalten ist, als in der A. lienalis. Diese farblosen Blutkörperchen müssen also in der Milz gebildet worden sein, und die Milz spielt somit auch die Rolle einer peripherischen, einer terminalen Lymphdrüse, indem in derselben Lymphkörperchen gebildet werden, die nun in den Blutstrom hineingelangen. Auf welche Weise sie in den Blutstrom gelangen, darüber fehlt es an directen Beobachtungen, aber um den Ort ihrer Entwickelung können wir kaum in Verlegenheit sein. Wenn wir das Gewebe der Milz ansehen, so finden wir sowohl in den Malpighi'schen Körperchen als im Gewebe der Milzpulpe überall Zellen, die Lymphkörperchen, farblosen Blutkörperchen in ihren verschiedenen Entwickelungsstadien ganz ähnlich sind, und wir können nur sagen, dass die reifen Lymphkörperchen zunächst aus demjenigen Theile kommen müssen, in dem die am meisten entwickelten Zellen vorhanden sind, und dies ist die Milzpulpa. Nun sind zwei Möglichkeiten vorhanden: diese Lymphkörperchen könnten mit der Lymphe der Milz zunächst in grösseren, innerhalb der Milz verlaufenden Stämmen gesammelt werden, und diese könnten in die Blutgefässe, in die Milzvenen einmünden und so die Lymphkörperchen in dieselben hineinbringen. Dergleichen Stämme kennt man aber bis jetzt nicht. Wohl aber sieht man in den Blutbahnen des intermediären Gefässsystems das Blut überall direct Zellen bespülen, welche ausgebildeten Lymphkörperchen bereits vollkommen ähnlich sind, und es wird deshalb die zweite Möglichkeit ziemlich wahrscheinlich, die, dass in ähnlicher Weise, wie in den Lymphdrüsen die reifen Lymphkörperchen von den Zellenbalken abfallen und in den Lymphstrom gelangen, hier von den Wandungen des intermediären Gefässsystems gleichfalls reife lymphoide Zellen abfallen und in den Blutstrom hineingelangen, und dass diese es sind, welche von der Vena lienalis aus der Milz herausgebracht werden.

Vor einer langen Reihe von Jahren beschrieben Kölliker und Ecker blutkörperchenhaltige Zellen in der Milz, die auch später von Andern wiedergefunden wurden. Damals glaubte man noch, dass jede Zelle mit einer Membran umgeben sein müsse. Man war deshalb auf die höchst unwahrscheinliche Voraussetzung hingedrängt, dass sich die Zellen um die Blutkörperchen herum bildeten, ein Vorgang für den sich keine Analogie vorfand, und zu dessen Annahme sich ein Theil der Physiologen mit Recht nicht entschliessen konnte. Diese Schwierigkeit fällt nun weg, indem wir wissen, dass die nackten Zellen Fetttröpfchen, Karminkörnchen, Zinnoberkörnchen, also vielleicht auch rothe Blutkörperchen in ihr Inneres aufnehmen, in ähnlicher Weise, wie eine Amöbe sich sogar ein

ganzes Stärkekorn einverleiben kann, um dasselbe als Nahrung zu verbrauchen. Es hat auch in neuerer Zeit W. Müller bei seinen Untersuchungen über die Milz diese Zellen wiedergefunden, und er ist der Meinung, dass es die Pulpazellen seien, in welche, wie er sich ausdrückt, die rothen Blutkörperchen hineingewandert wären. Dieses Hineinwandern, oder richtiger gesagt, dieses Verzehrtwerden der Blutkörperchen durch Zellen, die aus der Pulpa stammen, hat in neuester Zeit Dr. Kusnetzow im hiesigen Laboratorium direct beobachtet. Es ist dazu nöthig, dass man die Temperatur des menschlichen Körpers, wenn auch nicht ganz, so doch einigermassen herstellt, dass man auf einem heizbaren Objecttische das Object bis auf circa 30 bis 35° erwärme. Er hat gesehen, dass die lymphoiden Zellen der Pulpa Blutkörperchen in sich aufnehmen, und dass die Blutkörperchen in diesen Zellen in Stücke zerfallen. Man weiss nun freilich daraus noch nicht, in wie weit dieses Verzehren von farbigen Blutkörperchen durch farblose fortwährend im lebenden Körper vor sich geht; man hat aber in der Milzpulpa Zellen gefunden, welche ein dunkles, körniges Pigment enthalten, von dem man glaubt, dass es vom Haemoglobin des Blutes abstamme, und man ist deshalb der Meinung, dass auch im Leben Blutkörperchen in dieser Weise von den Zellen der Milzpulpa verzehrt werden, dass sie darin zu Grunde gehen, und endlich nur ein Zersetzungsproduct des Haemoglobins in denselben zurückbleibe. Wenn sich dies weiter, und Schritt für Schritt ausführen und verfolgen liesse, so würde man daraus einerseits in einem schon vor Jahren von Virchow angedeuteten Sinne die Bildungsstätte und den Ursprung des Pigmentes gefunden haben, welches sich bisweilen krankhafter Weise im Blute ansammelt und den Zustand bedingt, welchen wir Melanaemie nennen, und andererseits könnte es einen Aufschluss geben über die Leukaemie, insofern man dadurch darauf geführt würde, wie es zugeht, dass bei einer sehr grossen Zunahme der weissen Blutkörperchen die farbigen Blutkörperchen auffallend abnehmen. Es wäre dann ein Darwin'scher Kampf um's Dasein, in dem die rothen Blutkörperchen von den weissen Blutkörperchen, von den lymphoiden Zellen gefressen würden, während sich bisher diejenigen, die annehmen, dass die rothen Blutkörper aus den farblosen hervorgehen, der Ansicht zugeneigt haben, dass die rothen Blutkörperchen deshalb in der Leukaemie an Zahl abnehmen, weil die Metamorphose der farblosen Blutkörperchen in rothe stocke.

Man hat auch die Milz mit der Blutbildung in Zusammenhang gebracht, indem Einige diese blutkörperchenhaltigen Zellen für solche gehalten haben, in denen Blutkörperchen entstehen. Dafür fehlt aber bis jetzt jeder Anhaltspunkt, indem man zwar gesehen hat, dass Blutkörperchen von Milzzellen aufgenommen werden, und in denselben in Stücke zerfallen, aber nicht umgekehrt gesehen hat, dass sich auch farbige Blutkörperchen in den lymphoiden Zellen der Milz bilden. Wahrscheinlich sind die sich tropfenartig abrundenden Stücke der zerfallenden Blutkörperchen für kleine, junge, in der Bildung begriffene angesehen worden.

Die Schilddrüse.

Bis jetzt haben wir uns mit der Thymus und mit der Milz noch immer an das Lymphgefässsystem anlehnen können: das ist aber nicht mehr der Fall mit der Schilddrüse. Wir kennen keinen Zusammenhang zwischen der Schilddrüse und dem Lymphgefässsysteme, und der Bau der Schilddrüse weicht von dem der Lymphdrüsen völlig ab. Man findet zwar auch hier runde Körner, von welchen man im ersten Augenblicke, wenn man sie mit der Lupe ansieht, glauben könnte, sie seien etwas Aehnliches wie die Drüsenelemente der Lymphdrüsen: untersucht man sie aber näher, so findet man, dass dies nicht der Fall ist. Man findet, dass es lauter anscheinend sphäroidische oder polyedrische membranöse Schläuche sind, welche in ihrem Innern mit einem zierlichen, kubischen Epithel ausgekleidet sind und im normalen Zustande eine wasserhelle, flüssige, im pathologischen Zustande eine mehr zähe oder gelatinöse Substanz enthalten. Man findet diesen Bau am einfachsten bei den Schildkröten dargelegt, weil bei diesen sehr wenig Bindegewebe vorhanden ist, und alle diese kleinen Schläuche mit den zierlichen Gefässnetzen, welche sie umgeben, aber niemals Gefässe in sie hineinschicken, eine neben der andern liegen. Von unsern Haussäugethieren sind es die Schafe, deren Schilddrüsen sich am besten zur Untersuchung eignen. Von menschlichen Leichen bekommt man mit Ausnahme von ganz jungen Kindern nicht viel gutes Material. Nach einer neuerlich gemachten Angabe sollen die Höhlen dieser anscheinend sphäroidischen oder polyedrischen Schläuche mit einander communiciren und ein ausgedehntes System von Hohlräumen in verzweigten Schläuchen darstellen. Ueber die Function der Schilddrüse fehlt sogar jede Hypothese. Sie ist bei Thieren und bei Menschen ausgeschnitten worden, sie ist in ihrer ganzen Masse degenerirt, sie ist nach dieser Degeneration nach und nach auf chirurgischem Wege zerstört worden, ohne dass man daraus irgend welche Belehrung über die Function der Schilddrüse geschöpft hätte.

Die Nebennieren.

Ein Gebilde, welches von Alters her mit zu den Drüsen ohne Ausführungsgang gerechnet wird, ist die Nebenniere. Die Nebennieren erreichen im Embryo verhältnissmässig frühzeitig eine bedeutende Entwickelung, ohne dass man sie deswegen für ein embryonales oder ein speciell nur dem Embryonalleben gewidmetes Gebilde ansehen könnte. Die Nebennieren bestehen aus einer Corticalsubstanz und aus einer Marksubstanz, welche Sie, wenn Sie eine menschliche Nebenniere durchschneiden, mit blossen Augen unterscheiden können. Die Rindensubstanz der Nebenniere ist von der Marksubstanz durch ihre mehr gelbliche und hellere Farbe unterschieden, die Marksubstanz ist mehr grauröthlich und weicher. Auch verlaufen die grossen Blutgefässe alle in der Marksubstanz und in der Kapsel der Nebennieren, die eigentliche Corticalsubstanz bekommt nur kleinere Aeste, welche von den tiefen zu den oberflächlichen hinaufgehen und Capillarnetze bilden zwischen den sogenannten Drüsenschläuchen der Corticalsubstanz. Diese Drüsenschläuche sind

cylindrische oder, richtiger gesagt, prismatische Abtheilungen in der Corticalsubstanz, welche von bindegewebigen Septis gebildet werden, und welche mit polyedrischen, ziemlich unregelmässigen Zellen angefüllt sind, deren Bedeutung man nicht kennt. Im Innern, in der Marksubstanz, finden sich dreierlei Arten von Zellen. Erstens die von Virchow darin gefundenen sehr grossen und mit deutlichen Nervenfortsätzen versehenen Ganglienkörper, die in gar nicht unbeträchtlicher Anzahl darin enthalten sind. Eine zweite Art von Zellen, die Holm näher beschrieben hat, ist bedeutend kleiner. An diesen Zellen, die in grosser Menge in der Marksubstanz vorkommen, lassen sich keine Nervenfortsätze nachweisen; der Protoplasmaleib infiltrirt sich aber noch mit Karmin schön roth, wie bei den Ganglienkörpern, mit denen sie in ihrem Ansehen eine unverkennbare Aehnlichkeit haben. Namentlich ähneln sie den kleinen Ganglienzellen, welche sich in den mikroskopischen Ganglien des Darmkanals, im Meissner-schen und Auerbach'schen Plexus finden. Diese Zellen kommen ausserdem immer nur in der nächsten Umgebung der Nerven vor, so dass sie in Masse an Nervensträngen aufsitzen, oder an Theilungsstellen derselben angehäuft sind, in ganz ähnlicher Weise, wie die Ganglienkörper, welche den Nerven aufsitzend ein mikroskopisches Ganglion bilden, nur mit dem Unterschiede, dass an diesen Zellen noch keine Nervenfortsätze nachgewiesen sind. Wegen der Aehnlichkeit, welche sie mit den Zellen mikroskopischer Ganglien haben, und deshalb, weil sie immer nur unmittelbar an den Nerven vorkommen, ist es nicht unwahrscheinlich, dass sie auch noch dem Nervensysteme angehören. Endlich kommt in der Marksubstanz noch eine dritte Art von Zellen vor. Die Zellen dieser Art sind die zahlreichsten von allen: sie haben meist eine cylindrische oder prismatische Gestalt, und der Zellenleib färbt sich nicht oder doch schwer mit Karmin, so dass an ihnen meist nur der Kern gefärbt erscheint, wenn schon der Zellenleib der andern Zellen von Karmin schön roth ist. Ueber diese Zellen weiss man ebenso wenig etwas, wie über die Zellen in der Corticalsubstanz. Wenn man sich nun fragt, was man aus diesem mikroskopischen Befunde schliessen soll, so muss man sich sagen, dass es wahrscheinlich ist, dass die Nebennieren als ein Theil des Nervensystems, und natürlich als ein Theil des sympathischen Nervensystems anzusehen sind. Das wird deshalb wahrscheinlich, weil im Verhältnisse zu der Kleinheit des Organs eine sehr grosse Menge von Nerven in dasselbe hineingeht, zweitens weil die Nerven, die in das Gebilde hineingehen, dort keine peripherischen Endgebilde finden, sondern solche Endgebilde, wie man sie in den Ganglien, und wie man sie im Centralorgane findet, Ganglienkörper, welche wir nach unsern anderweitigen Erfahrungen nicht als Nervenendigungen, sondern als Nervenursprünge betrachten müssen. Die Nebennieren zu den Drüsen zu zählen, haben wir keine Veranlassung, da wir keine absondernde Thätigkeit an ihnen kennen, und auch nicht einmal eine wahre adenoide Formation wie in der Milz und in der Thymus in ihnen vorfinden. Bei den Versuchen, die Nebennieren auf operativem Wege zu entfernen, starben anfangs alle Versuchsthiere, dann hat man aber auch eine Reihe derselben am Leben erhalten, zuerst weisse Ratten, dann auch andere Thiere, Meerschweinchen, Kaninchen und Hunde. Beim Menschen ist bei Degeneration der Nebennieren vielfältig eine eigenthümliche bronzeartige Verfärbung der Haut beobachtet worden.

Hypophysis cerebri, Steissdrüse und Glandula intercarotica.

Wir hätten als Drüsen ohne Ausführungsgang etwa noch zu besprechen die Hypophysis, die Steissdrüse und die Glandula intercarotica. Die Hypophysis ist in einer ausführlichen und sehr genauen Arbeit von Peremeschko in Rücksicht auf ihren anatomischen Bau untersucht worden. Es hat sich dabei gezeigt, dass sie kein einheitliches Gebilde ist, sondern dass zwei Partien der Hypophysis einen wesentlich verschiedenen Bau haben. Aus dieser Untersuchung ist aber bis jetzt für die Physiologie nichts Sicheres hervorgegangen. Ebenso verhält es sich mit den Untersuchungen, welche über die Steissdrüse und über die Glandula intercarotica angestellt wurden. In Rücksicht auf die Steissdrüse kommt noch hinzu, dass die Angaben der verschiedenen Autoren in der Deutung des mikroskopischen Befundes nicht mit einander übereinstimmen, so dass man die Untersuchungen darüber überhaupt noch nicht als abgeschlossen anzusehen hat.

Der Stoffwechsel.

Wir unterscheiden uns in unseren Ansichten über den Stoffwechsel nicht unbeträchtlich von unseren Altvordern. Wenn wir die Schriften derselben durchgehen, so zieht sich wie ein rother Faden durch dieselben die Vorstellung, dass wir unsere Nahrungsmittel zu uns nehmen als Ersatz für dasjenige, was fortwährend durch den Lebensprocess vom Körper zerstört wird. Sie sehen leicht ein, dass damit eine übertriebene Vorstellung von dem Stoffwechsel, welcher fortwährend im Körper stattfindet, zusammenhängt. Denn, wenn wir binnen vierundzwanzig Stunden immer so viel von unserem Körper zerstören würden, als wir an Nahrungsmitteln, ich will auch nur sagen, an Eiweisssubstanzen in unserer Nahrung, wieder zu uns nehmen, so müsste in verhältnissmässig kurzer Zeit von dem Ganzen, was an unserem Körper gewesen ist, nichts mehr übrig sein. Heutzutage denken wir uns die Sache anders. Wir denken uns, dass wir unsere Nahrungsmittel zu uns nehmen, um Wärme und um Arbeit zu erzeugen, und dass wir fortwährend nur einen verhältnissmässig kleinen Theil unseres Organismus verbrauchen, dass der grösste Theil der Substanzen, welche wir consumiren, um Arbeit und Wärme zu erzeugen, Bestandtheile der Nahrungsmittel sind, welche wir zu uns nehmen. Wir haben auch hiezu gute Gründe, indem die Erfahrung zeigt, dass wir unsere Nahrungsmittel sozusagen im kurzen Wege verbrauchen, indem sich unsere Ausscheidungen, sowohl unsere Respirationsproducte als auch die Ausscheidungen durch die Nieren, in verhältnissmässig kurzer Zeit ändern je nach der Nahrung, welche wir zu uns nehmen. Es ändert sich die Menge der Kohlensäure, welche wir ausscheiden, je nachdem wir in unserer Nahrung Kohlehydrate oder Fette oder Eiweisskörper zu uns nehmen, es ändert sich die Natur des Harnes, je nachdem wir pflanzliche oder thierische Kost essen. Man kann einem Pflanzenfresser in kurzer Zeit den Harn eines Fleischfressers verschaffen, wenn man ihn mit Fleisch

füttert. Der Harn wird klar und sauer, wie der eines Fleischfressers, und ebenso wird der Harn eines Pflanzenfressers, den man gänzlich fasten lässt, klar und sauer, weil er dann gegen seinen Willen Fleischfresser wird, weil er dann auf Kosten seiner eigenen Substanz respiriren muss.

Die Kenntniss, welche wir von dem Wechsel der geformten, der organisirten Substanz im Körper haben, ist gering. Wir wissen, dass sich ein Theil der Oberhaut fortwährend abstösst, wir wissen, dass die Haare und die Nägel, also im Allgemeinen die Horngebilde fortwährend wachsen, und dass wir sie durch Scheere und Messer stückweise entfernen. Wir wissen ferner, dass aus gewissen Drüsen nicht blos ein flüssiges Secret kommt, sondern dass auch ganze Enchymzellen mit aus den Drüsen ausgestossen werden, und ebenso, dass auch von den inneren Epithelien, von dem der Nasenschleimhaut, dem der Bronchialschleimhaut, und dem des Tractus intestinalis gelegentlich etwas ausgestossen wird. Indessen hat man auch in dieser Beziehung früher übertriebene Vorstellungen gehabt. Man hat sich z. B. eine Zeitlang vorgestellt, dass die Secretion des Magensaftes, der Verdauungsflüssigkeit, immer so erfolge, dass die ganzen Enchymzellen aus den Pepsindrüsen ausgestossen würden. Man wurde auf diese Idee geführt dadurch, dass bei den Kaninchen, bei denen der Magen niemals leer wird, sich an der inneren Oberfläche desselben zwischen dem Mageninhalte und der Magenwand eine Schicht anhäuft, die aus lauter Zellentrümmern besteht. Wenn man aber den Magensaft des Hundes und auch den frisch secernirten Magensaft des Menschen untersucht, so findet man, dass er eine klare Flüssigkeit ist, in der nur sporadisch geformte Elemente vorkommen. Ebenso glaubten einige Physiologen, dass behufs der Resorption das Cylinderepithel des Darmkanals abgestossen würde, dass die Spitzen der Zotten frei würden, damit sie resorbiren können. Man weiss jetzt, dass dies bei Weitem nicht der Fall ist, sondern dass das Epithel ein durchaus nothwendiger Factor der Resorption ist, und dass tiefe, gewaltsame Störungen im Organismus eintreten, wenn das Epithel des Darmkanals in grösserer Ausdehnung abgestossen wird.

Andererseits kennt man wiederum Thatsachen, welche darauf hindeuten, dass, namentlich in gewissen Geweben, der Wechsel der geformten Bestandtheile ein sehr geringer ist. In den Knochen finden zwar bedeutende Wandlungen statt, so lange sie wachsen, indem sie in einzelnen Partien schwinden, während sie in anderen neue Substanz ansetzen; aber später, wenn sie einmal ihre volle Ausbildung erreicht haben, scheint der Wechsel ihrer festen Substanz, namentlich der ihrer organischen Grundlage, sich sehr zu beschränken. Eine interessante und lehrreiche Erscheinung zeigt bisweilen die Linse des Auges. Man findet bisweilen in ihr eine einzelne getrübte Schicht, die in der übrigens klaren Linse liegt, und einen so geringen Durchmesser hat, dass man mit Bestimmtheit sagen kann, dass sie schon während des Embryonallebens abgelagert worden ist, und doch hat sie sich Jahre lang erhalten. Die Persistenz der Hornhautflecke, die Langsamkeit, mit der sich Narben verändern, deutet darauf hin, dass der Wechsel der stickstoffhaltigen Substanzen sich auch hier viel mehr auf die gelösten Theile bezieht, als auf diejenigen, welche bereits Gestalt, welche bereits Form angenommen haben, und somit Formbestandtheile des Körpers geworden sind.

Hypophysis cerebri, Steissdrüse und Glandula intercarotica.

Wir hätten als Drüsen ohne Ausführungsgang etwa noch zu besprechen die Hypophysis, die Steissdrüse und die Glandula intercarotica. Die Hypophysis ist in einer ausführlichen und sehr genauen Arbeit von Peremeschko in Rücksicht auf ihren anatomischen Bau untersucht worden. Es hat sich dabei gezeigt, dass sie kein einheitliches Gebilde ist, sondern dass zwei Partien der Hypophysis einen wesentlich verschiedenen Bau haben. Aus dieser Untersuchung ist aber bis jetzt für die Physiologie nichts Sicheres hervorgegangen. Ebenso verhält es sich mit den Untersuchungen, welche über die Steissdrüse und über die Glandula intercarotica angestellt wurden. In Rücksicht auf die Steissdrüse kommt noch hinzu, dass die Angaben der verschiedenen Autoren in der Deutung des mikroskopischen Befundes nicht mit einander übereinstimmen, so dass man die Untersuchungen darüber überhaupt noch nicht als abgeschlossen anzusehen hat.

Der Stoffwechsel.

Wir unterscheiden uns in unseren Ansichten über den Stoffwechsel nicht unbeträchtlich von unseren Altvordern. Wenn wir die Schriften derselben durchgehen, so zieht sich wie ein rother Faden durch dieselben die Vorstellung, dass wir unsere Nahrungsmittel zu uns nehmen als Ersatz für dasjenige, was fortwährend durch den Lebensprocess vom Körper zerstört wird. Sie sehen leicht ein, dass damit eine übertriebene Vorstellung von dem Stoffwechsel, welcher fortwährend im Körper stattfindet, zusammenhängt. Denn, wenn wir binnen vierundzwanzig Stunden immer so viel von unserem Körper zerstören würden, als wir an Nahrungsmitteln, ich will auch nur sagen, an Eiweisssubstanzen in unserer Nahrung, wieder zu uns nehmen, so müsste in verhältnissmässig kurzer Zeit von dem Ganzen, was an unserem Körper gewesen ist, nichts mehr übrig sein. Heutzutage denken wir uns die Sache anders. Wir denken uns, dass wir unsere Nahrungsmittel zu uns nehmen, um Wärme und um Arbeit zu erzeugen, und dass wir fortwährend nur einen verhältnissmässig kleinen Theil unseres Organismus verbrauchen, dass der grösste Theil der Substanzen, welche wir consumiren, um Arbeit und Wärme zu erzeugen, Bestandtheile der Nahrungsmittel sind, welche wir zu uns nehmen. Wir haben auch hiezu gute Gründe, indem die Erfahrung zeigt, dass wir unsere Nahrungsmittel sozusagen im kurzen Wege verbrauchen, indem sich unsere Ausscheidungen, sowohl unsere Respirationsproducte als auch die Ausscheidungen durch die Nieren, in verhältnissmässig kurzer Zeit ändern je nach der Nahrung, welche wir zu uns nehmen. Es ändert sich die Menge der Kohlensäure, welche wir ausscheiden, je nachdem wir in unserer Nahrung Kohlehydrate oder Fette oder Eiweisskörper zu uns nehmen, es ändert sich die Natur des Harnes, je nachdem wir pflanzliche oder thierische Kost essen. Man kann einem Pflanzenfresser in kurzer Zeit den Harn eines Fleischfressers verschaffen, wenn man ihn mit Fleisch

füttert. Der Harn wird klar und sauer, wie der eines Fleischfressers, und ebenso wird der Harn eines Pflanzenfressers, den man gänzlich fasten lässt, klar und sauer, weil er dann gegen seinen Willen Fleischfresser wird, weil er dann auf Kosten seiner eigenen Substanz respiriren muss.

Die Kenntniss, welche wir von dem Wechsel der geformten, der organisirten Substanz im Körper haben, ist gering. Wir wissen, dass sich ein Theil der Oberhaut fortwährend abstösst, wir wissen, dass die Haare und die Nägel, also im Allgemeinen die Horngebilde fortwährend wachsen, und dass wir sie durch Scheere und Messer stückweise entfernen. Wir wissen ferner, dass aus gewissen Drüsen nicht blos ein flüssiges Secret kommt, sondern dass auch ganze Enchymzellen mit aus den Drüsen ausgestossen werden, und ebenso, dass auch von den inneren Epithelien, von dem der Nasenschleimhaut, dem der Bronchialschleimhaut, und dem des Tractus intestinalis gelegentlich etwas ausgestossen wird. Indessen hat man auch in dieser Beziehung früher übertriebene Vorstellungen gehabt. Man hat sich z. B. eine Zeitlang vorgestellt, dass die Secretion des Magensaftes, der Verdauungsflüssigkeit, immer so erfolge, dass die ganzen Enchymzellen aus den Pepsindrüsen ausgestossen würden. Man wurde auf diese Idee geführt dadurch, dass bei den Kaninchen, bei denen der Magen niemals leer wird, sich an der inneren Oberfläche desselben zwischen dem Mageninhalte und der Magenwand eine Schicht anhäuft, die aus lauter Zellentrümmern besteht. Wenn man aber den Magensaft des Hundes und auch den frisch secernirten Magensaft des Menschen untersucht, so findet man, dass er eine klare Flüssigkeit ist, in der nur sporadisch geformte Elemente vorkommen. Ebenso glaubten einige Physiologen, dass behufs der Resorption das Cylinderepithel des Darmkanals abgestossen würde, dass die Spitzen der Zotten frei würden, damit sie resorbiren können. Man weiss jetzt, dass dies bei Weitem nicht der Fall ist, sondern dass das Epithel ein durchaus nothwendiger Factor der Resorption ist, und dass tiefe, gewaltsame Störungen im Organismus eintreten, wenn das Epithel des Darmkanals in grösserer Ausdehnung abgestossen wird.

Andererseits kennt man wiederum Thatsachen, welche darauf hindeuten, dass, namentlich in gewissen Geweben, der Wechsel der geformten Bestandtheile ein sehr geringer ist. In den Knochen finden zwar bedeutende Wandlungen statt, so lange sie wachsen, indem sie in einzelnen Partien schwinden, während sie in anderen neue Substanz ansetzen; aber später, wenn sie einmal ihre volle Ausbildung erreicht haben, scheint der Wechsel ihrer festen Substanz, namentlich der ihrer organischen Grundlage, sich sehr zu beschränken. Eine interessante und lehrreiche Erscheinung zeigt bisweilen die Linse des Auges. Man findet bisweilen in ihr eine einzelne getrübte Schicht, die in der übrigens klaren Linse liegt, und einen so geringen Durchmesser hat, dass man mit Bestimmtheit sagen kann, dass sie schon während des Embryonallebens abgelagert worden ist, und doch hat sie sich Jahre lang erhalten. Die Persistenz der Hornhautflecke, die Langsamkeit, mit der sich Narben verändern, deutet darauf hin, dass der Wechsel der stickstoffhaltigen Substanzen sich auch hier viel mehr auf die gelösten Theile bezieht, als auf diejenigen, welche bereits Gestalt, welche bereits Form angenommen haben, und somit Formbestandtheile des Körpers geworden sind.

Es ist indessen unzweifelhaft, dass immer eine gewisse Menge stickstoffhaltiger Substanzen verbraucht werden muss, und, wie es scheint, auch immer eine gewisse Menge von Substanz unseres Körpers verbraucht werden muss, auch wenn eine hinreichende Ernährung stattfindet. Man weiss, dass man den Stickstoffumsatz des Körpers nur auf eine gewisse untere Grenze, nicht weiter, herunterdrücken kann, man mag die Ernährung regeln wie man will. Man mag mit stickstofflosen Substanzen noch so reichlich füttern, um den Stickstoffumsatz zu beschränken, um die Respiration wesentlich auf Kosten stickstoffloser Substanzen stattfinden zu lassen: es bleibt immer eine gewisse Menge von stickstoffhaltigen Substanzen, namentlich von Harnstoff, welche binnen vierundzwanzig Stunden ausgeschieden wird, und welche zeigt, dass immer eine gewisse Menge von stickstoffhaltigen Substanzen im Körper zersetzt werden muss. Wenn nur stickstofflose Substanzen gefüttert werden, so müssen diese stickstoffhaltigen Substanzen natürlich dem Körper als solchem entnommen werden, und das Individuum geht deshalb bei einer solchen Ernährung rettungslos zu Grunde. Interessant ist es, dass es nicht einmal gelingt, das Individuum im Stickstoffgleichgewicht zu erhalten, wenn man ihm dieselbe Menge Stickstoff, welche es unter solchen Umständen ausscheidet, in Gestalt von Eiweisskörpern in der Nahrung gibt. Die Menge des ausgeschiedenen Stickstoffes wächst dann, so dass das Individuum wieder ein Stickstoffdeficit hat. Pettenkofer und Voit mussten ihrem Versuchshunde sogar $2\frac{1}{2}$mal so viel Stickstoff in der Nahrung zuführen, als er bei stickstofffreier Nahrung ausschied, um Gleichgewicht, um Beharrungszustand zu erzielen.

Wenn also nicht die hinreichende Nahrung zugeführt wird, qualitativ oder quantitativ, so ist die Folge davon, dass die Substanz des Organismus angegriffen wird, und wenn dies fortdauert, so geht das Individuum demjenigen Zustande entgegen, welchen wir mit dem Namen der Inanition bezeichnen. Es werden aber dabei die verschiedenen Bestandtheile des Körpers in sehr verschiedener Weise angegriffen. Ueber diesen Gegenstand liegen uns ausführliche Untersuchungen von Chossat vor. Er liess Tauben verhungern, und bestimmte an den verhungerten Tauben das Gewicht der einzelnen Organe, während er früher dieselben Organe anderer wohlgenährter Tauben von gleichem Gesammtgewichte und gleichem Alter mit seinen Versuchsthieren dem Gewichte nach bestimmt hatte. Daraus ergab sich schliesslich folgende Tabelle, in welcher die Menge der verlorenen Substanz in Bruchzahlen von der ursprünglich vorhandenen Substanz ausgedrückt ist. Die Menge der ursprünglich vorhandenen Substanz wurde erschlossen aus den Zahlen, die an den erwähnten wohlgenährten Tauben gefunden worden waren.

Verlust in Bruchtheilen des ursprünglichen Gewichtes der Organe.

Fett	0,933
Milz	0,714
Pankreas	0,641
Leber	0,520
Herz	0,448
Därme	0,424
Willkürliche Muskeln	0,423
Magen	0,397
Schlundkopf, Speiseröhre	0,342

Verlust in Bruchtheilen des ursprünglichen Gewichtes der Organe.

Haut	0,333
Nieren	0,319
Lungen	0,224
Kehlkopf- und Luftröhrenknorpel	0,214
Knochen	0,167
Augen	0,100
Nervensystem	0,019

Dass das Fett so rasch schwindet, hängt damit zusammen, dass es verhältnissmässig leicht verbrennlich, leicht oxydirbar ist, und also leicht dem Respirationsprocesse unterliegt. Es wird deshalb auch das Fett im Körper in Vorrath abgelagert, es ist ein Respirationsmaterial, welches für gelegentliche Zwecke aufbewahrt wird. Die Laien meinen freilich, die mageren Menschen hielten, wenn sie krank würden, mehr aus als die fetten: wenn die fetten einmal krank würden, dann ginge es bald mit ihnen zu Ende. Das ist eine falsche Vorstellung, die sich daraus gebildet hat, dass die fetten Menschen gewissen, rasch zum Tode führenden Leiden mehr ausgesetzt sind als magere. Im Ganzen muss man sagen, dass ein Individuum, welches eine gewisse Menge von Fett im Vorrathe abgelagert hat, eine Krankheit, die mit Nothwendigkeit eine längere Zeit dauernde, unvollständige Ernährung bedingt, besser aushält, als Individuen, welche bereits mager waren, als sie von dieser Krankheit befallen wurden. In der That ist es auch bekannt, dass diejenigen Individuen, welche längere Zeit gekränkelt haben, ehe sie einen Abdominaltyphus bekommen, dem Verlaufe des Typhus im Allgemeinen schlechter widerstehen, als diejenigen, welche von demselben in voller Gesundheit befallen worden sind.

Gewisse Menschenracen haben eine besondere Neigung, Fett in Vorrath anzusetzen. Dazu gehören vor Allen die Hottentotten. Sie können dem entsprechend auch längere Zeit Entbehrungen aushalten. Theophilus Hahn, der im Caplande aufgewachsen ist, erzählt von einem Hottentottenknaben, dem in der Jahreszeit, in welcher er zu Hahn's Eltern ins Haus zu kommen pflegte, die Beinkleider hinten stets zu eng wurden, während er später, wenn er wieder zu seinen eigenen Eltern zurückkehrte, ohne Krankheit oder Schwäche in auffälliger Weise abmagerte. Das allerbelehrendste Beispiel von Fettablagerung ist aber das Kameel. Der Araber sagt ganz richtig, das Kameel lebe auf den Karavanenreisen von seinem Höcker. Wenn das Kameel gut ernährt wird, lagert es in dem Bindegewebe des Höckers eine grosse Menge von Fett ab. Dieses Fett verbraucht es nach und nach auf der Karavanenreise, während welcher es unvollkommen ernährt wird, ohne dass sein übriger Körper beträchtlich leidet, und wenn es dann zur rechten Zeit ankommt, kann es in einer kurzen Zeit durch bessere Ernährung für weitere Strecken, beziehungsweise für den Rückweg, wieder arbeitsfähig gemacht werden.

Dass die Milz in der Abnahme gleich nach dem Fette folgt, hängt wahrscheinlich mit zweierlei Umständen zusammen, erstens damit, dass das Gewicht der Milz grösstentheils durch den Blutgehalt bedingt ist, und wenn in Folge des Fastens die Blutmenge im Allgemeinen abnimmt, namentlich die Milz an Blut verarmt. Zweitens aber auch wohl damit, dass in der Milz ein reicher Stoffwechsel stattfindet, wegen der Menge von zelligen Elementen, welche in derselben producirt werden, und welche,

wie wir gesehen haben, grossentheils mit dem Blute der Milzvene fortgeführt werden.

Auffallend ist die sehr geringe Abnahme des Nervensystems, indem dieses noch nicht um zwei Hundertstel abgenommen hat zu einer Zeit, wo schon fast alles Fett geschwunden war. Es scheint dies damit zusammenzuhängen, dass der grösste Theil des Nervensystems und namentlich der Theil, der hier gewogen worden ist — denn das kann ja nur das Centralnervensystem sein, die peripherischen Theile konnten ja nicht einzeln herauspräparirt werden — in eine knöcherne Kapsel eingeschlossen ist, und dass deshalb die Versorgung mit Blut weniger leidet, als dies bei den peripherischen Theilen der Fall ist. Es kann also die Gesammtmenge des Blutes bedeutend heruntergehen, ohne dass das Centralnervensystem wesentlich schlechter mit Blut versorgt wird, als dies im normalen Zustande der Fall ist.

Mit dieser geringen Abnahme des Nervensystems hängt die Länge der Zeit zusammen, während welcher ein Individuum der Inanition widerstehen kann. Ein sehr merkwürdiges Resultat, das Chossat gefunden hat, ist, dass der Tod in Folge des Verhungerns ziemlich allgemein dann eintritt, wenn die Thiere 0,4 ihres Gesammtgewichtes verloren haben. Es ist dabei nach Chossat gleichgiltig, ob den Thieren das Futter ganz entzogen wurde, oder ob sie unzureichend ernährt wurden. Im letzteren Falle leben sie natürlich länger, sterben aber auch, wenn sie 0,4 ihres Gesammtgewichtes verloren haben. Es zeigte sich diese Zahl nicht nur bei Säugethieren und Vögeln, sondern auch bei Amphibien und Fischen constant. Obgleich die Amphibien dreiundzwanzigmal länger lebten, so starben sie doch, wenn sie 0,4 ihres Gesammtgewichtes verloren hatten. Es geht also daraus nichts Anderes hervor, als dass der Stoffwechsel in den Amphibien dreiundzwanzigmal langsamer war, und wir werden sehen, dass das ganz gut übereinstimmt mit andern Zahlen, die wir aus vergleichenden Untersuchungen über die Respiration der Amphibien und die der warmblütigen Thiere gewonnen haben. Diese Zahl 0,4 wird nur alterirt durch den Zustand, in welchem das Thier in den Versuch hineinging. Wenn nämlich das Thier bereits mager war, so konnte es nicht mehr 0,4 seines Gewichtes verlieren, ehe es starb, wenn es aber sehr fett war, konnte es mehr als 0,4 verlieren, ehe es starb, begreiflicher Weise deshalb, weil der Fettverlust ohne Nachtheil ertragen wurde, und ein fettes Thier einen Theil seines Fettes verbrennen konnte, ohne seine wesentlichen Schätze, die stickstoffhaltigen Substanzen der Organe, in grösserer Ausdehnung anzugreifen. Es geht dem Organismus, wie dem berühmten Töpfer Bernhard Palissy, der, nachdem er sein Holz verbrannt hatte, zuletzt seinen Tisch und seine Stühle in die Flammen warf, um das Feuer nicht ausgehen zu lassen.

In Rücksicht auf die Zeit, während welcher das Fasten ertragen werden kann, haben namentlich die Beobachtungen am Menschen Interesse, und da zeigt es sich nach den Rechnungen, welche Moleschott auf Grund der von Tiedemann gesammelten Materialien angestellt hat, dass im Mittel aus achtzehn Beobachtungen das Fasten einundzwanzig bis zweiundzwanzig Tage ertragen wurde. Die Zahl wird Ihnen sehr gross erscheinen; man muss aber dabei berücksichtigen, dass hier eine Reihe Melancholikern mitgerechnet ist, die ungewöhnlich lange fasten, weil

bei ihnen krankhafter Weise der Stoffwechsel verlangsamt ist. Wenn man die Melancholiker ausschliesst, so gibt ein Mittel aus 10 Beobachtungen als mittlere Zeit des Fastens vierzehn Tage. Dagegen gaben sechs Melancholiker, die Wasser getrunken, aber nicht gegessen hatten, unter sich allein berechnet, das erstaunliche Mittel von 41,6 Tagen. Für die Erhaltung des Lebens und der relativen Euphorie von fastenden oder unzureichend ernährten Individuen sind als wesentliche Bedingungen anzusehen: völlige Ruhe des Körpers und Wärme, in der Weise, dass die vom Körper producirte Wärme so wenig als möglich abgeleitet wird. Die grösste Körperruhe scheint es wesentlich zu sein, welche das lange Fasten der Melancholiker ermöglicht; sie verbrauchen so wenig als möglich Substanz, um bewegende Kraft zu erzeugen. Andererseits ist es klar, dass das Fasten um so länger muss ertragen werden können, je weniger das Individuum Wärme zu bilden braucht, und es braucht um so weniger Wärme zu bilden, je weniger Wärme von ihm abgeleitet wird. Dieser Satz, dass man unvollkommen Genährte möglichst vor der Wärmeabgabe zu schützen, und ihnen möglichst Muskelanstrengungen zu ersparen hat, ist durch vielfältige Erfahrungen in Spitälern bestätigt, namentlich da, wo man gegen Syphilis die Fricke'sche Cur anwendet, bei der kein Quecksilber gegeben wird, sondern die Individuen als Medicament nur schwefelsaures Natron bekommen, und einer sehr strengen und knappen Diät unterworfen werden. Hier hat es sich immer gezeigt, dass die Cur bis zu einem gewissen Grade durchführbar war, so lange die Individuen ruhig im Bette liegen konnten, dass sie aber, sobald man versuchte, sie ausser Bett zu halten, sofort darunter litten und sich bitter über Hunger, Frost und Schwäche beklagten.

Wir haben gesehen, dass die Menschen und die Thiere um so länger den Hunger ertragen können, je langsamer ihr Stoffwechsel ist, weil es um so länger dauert, bis sie die verhängnissvollen 0,4 von ihrem Körper verloren haben. Damit hängt es auch zusammen, dass die Kinder den Hunger nicht so lange ertragen können als Erwachsene, weil sie eben einen geschwinderen Stoffwechsel haben. Hippokrates sagt schon: Die Kinder ertragen das Hungern kürzere Zeit als die Erwachsenen, die Männer kürzere Zeit als die Frauen, und Greise ertragen es länger als beide. Man kann das letztere jedoch nicht durchwegs sagen, indem abgelebte Greise der Nahrungsentziehung verhältnissmässig früh erliegen.

Die Leichname verhungerter Menschen haben gewisse Kennzeichen, welche in forensischer Beziehung wichtig sind. Es sind im Wesentlichen dieselben, welche Chossat bei seinen verhungerten Thieren gefunden hat. Zunächst ist fast sämmtliches Fett geschwunden. Der Körper ist abgemagert, der Magen ist leer, das heisst er enthält keine zur Ernährung dienenden Substanzen, wohl aber enthält er manchmal andere Substanzen, die aus Noth verschlungen worden sind, Gras, Stroh, Papier, Zeug und dergleichen. Durch das Verschlingen von unverdaulichen Substanzen kann zwar das Leben nicht verlängert, aber doch das Hungergefühl weniger peinigend gemacht werden. Das Hungergefühl ist ein doppeltes, ein allgemeines Gefühl der Inanition und ein Localgefühl des Hungers im Magen, das durch Anfüllung desselben gedämpft werden kann. Es trat das sehr deutlich an einer Kranken hervor, auf welche wir noch zurückkommen werden, und die von Busch in Bonn beobachtet worden ist.

Diese hatte eine verhältnissmässig hochliegende Fistel im Dünndarm, aus der die genossenen Speisen austraten, so dass sie nur einen sehr kurzen Weg durch den Körper machten, und deshalb nicht die hinreichende Menge davon resorbirt wurde. Die Kranke, trotzdem sie grosse Mengen von Nahrung zu sich nahm, litt an Inanition, bis sie auf der Klinik in einer anderen Weise, die wir später kennen lernen werden, ernährt wurde. Wenn sie sich recht voll gegessen hatte, und man sie fragte, ob sie satt sei, so sagte sie, sie habe zwar das Gefühl, dass ihr Magen voll sei, aber Hunger habe sie doch noch, das heisst, das allgemeine Gefühl der Inanition war durch die Anfüllung des Magens nicht gehoben, wohl aber das Gefühl der Magenleere, und dies letztere ist es, welches wir gewöhnlich an uns als Hunger bezeichnen, da wir es nicht bis zum allgemeinen Hungergefühle kommen lassen.

Die Muskeln Verhungerter sind sehr welk und leicht zerreisslich. Milz und Leber sind klein, und letztere ungewöhnlich dunkel gefärbt. Die Menge des Blutes in den Gefässen ist im Allgemeinen gering, und die Darmwände sind mehr oder weniger verdünnt. Es ist diese Verdünnung häufig deshalb nicht in die Augen fallend, weil der ganze Darm und auch der Magen sich stark zusammengezogen haben.

Diese Erscheinungen gelten im Ganzen für solche Individuen, denen die Nahrungsmittel nach und nach ausgegangen sind, sie scheinen nicht unter allen Umständen anwendbar zu sein auf Individuen, welche durch plötzliche absolute Nahrungsentziehung zu Grunde gegangen sind. Es scheint, dass diese bisweilen sterben, noch ehe es bis zu dem Grade der Inanition gekommen ist, dem dieser Leichenbefund entspricht. Es ist in neuerer Zeit ein solcher Fall in England vorgekommen. Da war ein Mädchen, eine gewisse Sarah Jakob, die angeblich nicht ass, dabei aber ausserordentlich fett war. Da man mit Recht einen Betrug vermuthete, so wurde das Kind bewacht. Es ass jetzt thatsächlich nichts. Nach acht Tagen, also verhältnissmässig früh, starb es. Als es sich nun darum handelte, ob das Kind Hungers gestorben sei, wurde auf Grund des Obductionsbefundes geltend gemacht, dass der Panniculus adiposus am Thorax und am oberen Theile des Bauches noch einen halben Zoll und am unteren Theile des Bauches nahezu einen Zoll dick gewesen sei. Es ist dies ein Befund, wie er wohl erklärlich ist, da das Kind ausserordentlich fett war, und nur acht Tage gefastet hatte, der aber in den Fällen niemals vorkommt, in denen Individuen durch langsame Inanition zu Grunde gegangen sind.

Die Nahrungsmittel.

Anorganische Nahrungsmittel.

Die Nahrungsmittel theilen wir ein in anorganische und organische. Die anorganischen Nahrungsmittel dienen uns als Bestandtheile unseres Körpers, um gewisse Theile unseres Körpers aufzubauen, theils auch, um diejenigen anorganischen Substanzen zu ersetzen, welche durch den Harn fortwährend aus dem Körper ausgeschieden werden. In Rücksicht auf den Aufbau unseres Leibes sind uns in erster Reihe die phosphor-

sauren Salze wichtig, weil wir ja von ihnen eine grosse Menge zum Aufbau unseres Knochensystems verwenden. Wir brauchen aber auch andere anorganische Substanzen, schwefelsaure Salze, Chlorverbindungen, welche einen Bestandtheil unseres Körpers ausmachen. Im Ganzen kommen uns aber alle diese Verbindungen oder die Materialien für dieselben durch unsere gewöhnliche Nahrung zu. Die phosphorsauren Salze sind theils als solche in der vegetabilischen und in der animalischen Nahrung enthalten, theils werden sie auf Kosten von Lecithin und anderen phosphorhaltigen organischen Verbindungen gebildet. Ebenso ist es mit den schwefelsauren Salzen. Sie sind theils in unserer Nahrung enthalten, theils werden sie in unserem Körper durch die Oxydation des Schwefels gebildet, welchen wir in den Eiweisskörpern in nicht unbeträchtlicher Menge zu uns nehmen. Der Kalk, dessen wir bedürfen, ist theils in unseren Nahrungsmitteln, theils in unserem Trinkwasser enthalten. Wir brauchen also im Allgemeinen für diese Zwecke keine anorganischen Substanzen als solche gesondert einzuführen. Nur eine macht davon eine Ausnahme, das Kochsalz. Es werden fortwährend mit dem Harne so viel Chlorverbindungen ausgeleert, dass wir unseren Normalzustand nicht völlig constant erhalten können, ohne den Speisen Kochsalz zuzusetzen. Man hat ja gefunden, dass auch das Vieh besser gedeiht, wenn man ihm eine gewisse Menge von Kochsalz in Substanz zuführt. Selbst die Thiere des Waldes gehen dem Kochsalz nach. Die Förster legen bekanntlich Salzlecken an, um die Hirsche an gewisse Orte hinzugewöhnen. Der reiche und üppige Sallust preist im hohen Grade die Mässigkeit der Aethiopier und sagt von ihnen, dass sie kein Salz gekannt hätten, weil bei ihnen die Speisen dazu dienten, den Hunger zu befriedigen und nicht als irritamentum gulae genossen wurden. Auch wir kennen noch äthiopische Stämme, bei denen das Salz selten und theuer ist, aber wir wissen, dass sie suchen es sich zu verschaffen, wo sie Gelegenheit finden. Zugleich sollen diese Stämme mehr als andere an Eingeweidewürmern, namentlich an Tänien leiden. Es mag das zusammenhängen mit ihrer anderweitigen Lebensweise, es mag das aber auch zum Theile mit der geringen Menge von Salz zusammenhängen, die sie verbrauchen. Dass wir Europäer auf die Dauer nicht ohne Salz leben können, das hat sich in früherer Zeit in auffallender Weise gezeigt, als häufig Militärflüchtlinge im salzburgischen, oberösterreichischen und kärnthnerischen Hochgebirge als Wildschützen lebten. Diese salzten das Gemsfleisch, von dem sie sich zum grossen Theile nährten, eine Zeit lang mit Schiesspulver, wenn ihnen das Salz ausgegangen war: dann aber konnten sie es nicht mehr aushalten, sie stiegen mit Gefahr ihrer Freiheit und ihres Lebens ins Dorf hinab, um Salz zu holen.

Wenn anderweitige anorganische Substanzen genossen werden, so geschieht es wesentlich zu drei verschiedenen Zwecken. Erstens um in Zeiten der Noth den Localhunger, den Magenhunger, zu beschwichtigen, den Magen anzufüllen, dann aus Leckerei (ganze Völker haben gewissen anorganischen Substanzen Geschmack abgewonnen), und drittens aus krankhaftem Gelüste.

In Schweden ist in früherer Zeit, wo bei den schlechten Communicationen öfters locale Hungersnoth eintrat, nicht selten eine oder die andere Erdart mit unter das Brod verbacken worden. Auch bei den

wilden Völkern Südamerikas, namentlich bei den Otomaken, hat Humboldt beobachtet, dass sie aus einer gewissen Thonart Klösse formten und diese in der Zeit, wo sie Mangel an Nahrungsmitteln litten, mit ihren sonstigen Vorräthen verspeisten. Dann ist im dreissigjährigen Kriege, nach den Angaben des Chronisten Micraelius, selbst in dem sonst getreidereichen Pommern Erde unter das Brod verbacken worden u. s. w. Man kann übrigens von einer Erde, ehe man sie näher untersucht hat, nicht aussagen, dass sie durchaus nichts Nahrhaftes enthalte. Es bilden bekanntlich nicht nur Infusorienreste, sondern auch noch lebende Organismen ausgedehnte Lager, so dass die angebliche Erde noch für den Menschen brauchbare organische Verbindungen in grösserer oder geringerer Menge enthalten kann.

Die Fälle, wo Erden als Leckerei genossen werden, weil man ihnen einen Geschmack auch in weiteren Kreisen abgewonnen hat, sind gar nicht selten. Moleschott erwähnt deren mehrere in seiner Physiologie der Nahrungsmittel. Schon Plinius erzählt von einer Speise, zu der eine Erdart zugesetzt werden musste. In der Mongolei werden Schalen aus einer wohlriechenden Erde geformt; in diese wird Wasser gegossen, das den Geruch und Geschmack derselben annimmt: das Wasser wird getrunken, und dann werden die Schalen zerbrochen und gegessen. Etwas Aehnliches existirt in Chile und auch in Portugal. Es ist aber ziemlich schwer, hier die Grenze festzuhalten zwischen dem, was noch ein verbreiteter Appetit, und dem, was bereits krankhaftes Gelüste ist. Zu letzterem muss man schon das Essen der Siegelerde rechnen, dem im Orient namentlich die Frauen in den Harems fröhnen. Es erinnert schon an die Pica chlorotica unserer einheimischen Mädchen, die in den Schulen häufig die Kreide, manchmal auch Schiefertafel und Griffel nicht in Ruhe lassen können. Worin diese Pica chlorotica eigentlich ihren Grund hat, ob die erste Veranlassung dazu reichlichere Absonderung von Säure im Magen ist, die durch Kreide abgestumpft werden soll, weiss man nicht mit Sicherheit. Man weiss aber, dass das, was wir davon sehen, nur kleine Anfänge sind gegenüber einer entsetzlichen Krankheit, welche man in Afrika, mehr aber noch in denjenigen Theilen von Amerika, in denen viele schwarze Sklaven leben und lebten, beobachtet hat, nämlich der Geophagie. Diese zeigt sich zuerst mit den Erscheinungen der Verarmung an Blut. Die Individuen werden dabei matt, träge, mürrisch, gleichgültig gegen äussere Dinge, suchen die Einsamkeit auf, und ihre Haut fängt an sich zu verfärben, die der Neger wird olivenfarbig, die der Mulatten grau, und die der Aethiopen wird weisslichgelb. Sie bekommen Palpitationen, Schwindel u. s. w. Diese Erscheinungen wachsen immer mehr, die Mattigkeit wird immer grösser, und dabei fühlen sie sich gedrungen, erst eine Erde, die sie noch mit einiger Sorgfalt aussuchen, dann beliebige Erde oder Thon zu geniessen, später auch andere ungeniessbare Dinge, selbst Holz und Papier zu verschlingen. Zuletzt tritt häufig Diarrhöe nnd Erbrechen hinzu, und meist gehen sie hydropisch zu Grunde oder sterben an irgend einer intercurrenten Krankheit, von welcher ihr geschwächter Körper befallen wird, namentlich an Dysenterie.

In der Weise, in welcher uns die organischen Nahrungsmittel dienen, können uns die anorganischen Nahrungsmittel niemals dienen. Die

organischen Nahrungsmittel dienen uns nicht allein zum Aufbau unseres Körpers, sondern sie dienen uns auch dazu, bewegende Kraft und Wärme zu erzeugen. Dazu können uns aber die anorganischen Nahrungsmittel deshalb nicht dienen, weil sie in unserem Körper keinen Verbrennungsprocess, keinen Oxydationsprocess mehr durchmachen, durch welchen bewegende Kraft und Wärme erzeugt würde.

Organische Nahrungsmittel.

Je nachdem wir unsere organischen Nahrungsmittel verwenden einerseits zum Aufbaue unseres Körpers, und andererseits um sie zu verbrennen und bewegende Kraft und Wärme zu erzeugen, hat man sie in zwei Abtheilungen gebracht, nämlich in Nahrungsmittel im engeren Sinne des Wortes — darunter hat man die albuminoiden Substanzen verstanden, also die Hauptmasse unserer stickstoffhaltigen Nahrungsmittel — und in Respirationsmittel — darunter hat man die stickstofflosen Substanzen verstanden, welche wir zu uns nehmen, die Kohlehydrate und die Fette. Es lässt sich aber diese Eintheilung nicht streng durchführen, denn einerseits brauchen wir ja die Eiweisskörper nicht ausschliesslich zum Aufbau unseres Körpers, sondern wir brauchen nur eine gewisse Menge dazu; den Ueberschuss, den wir zu uns nehmen, verbrennen wir und verbrauchen ihn in ganz ähnlicher Weise zur Erzeugung von bewegender Kraft und Wärme, wie die stickstofflosen Nahrungsmittel, und andererseits können wir von den stickstofflosen Nahrungsmitteln nicht durchweg sagen, dass wir sie nur für die Respiration gebrauchten. Wenn dies auch möglicher Weise richtig ist für die Kohlehydrate, so ist es doch gewiss nicht richtig für die Fette, denn wir müssen doch die Fette auch mit als wesentlichen Bestandtheil unseres Körpers ansehen, und wir können kaum daran zweifeln, dass von den Fetten, welche wir zu uns nehmen, ein Theil direct in unserem Körper abgelagert wird und kürzere oder längere Zeit Bestandtheil unseres Körpers bleibt.

Die Kohlehydrate.

Beginnen wir die Lehre von den organischen Nahrungsmitteln mit den Kohlehydraten. Diese bilden eine Gruppe von Substanzen, denen es gemeinsam ist, dass sie aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehen, und dabei letztere beide Elemente in solchen Verhältnissen enthalten, dass sie ohne Rest mit einander Wasser bilden würden. Man kann sie also ansehen als zusammengesetzt aus Kohlenstoff und aus Wasser. Daher der Name Kohlehydrate. Wenn sie sich oxydiren, so dass als Endproducte Kohlensäure und Wasser entstehen, so brauchen sie dazu so viel Sauerstoff, als nothwendig ist, um mit ihrem Kohlenstoff Kohlensäure zu bilden; die Bestandtheile des Wassers können dann als in ihnen schon vorhanden betrachtet werden.

Bei weitem der wichtigste von diesen Körpern ist für unsere Ernährung die Stärke. Man gibt ihr wie der Cellulose, der Substanz aus der die Membran der Pflanzenzelle besteht, die Formel $C_6 H_{10} O_5$. Sie kommt in den Pflanzen im geformten und im formlosen Zustande

vor. Formlose Stärke nehmen wir im Ganzen sehr wenig zu uns; das meiste, was wir an Stärke zu uns nehmen, ist geformte Stärke, und diese ist es also, die uns zunächst interessirt. Sie kommt in kleinen geschichteten Körpern vor, deren Schichtung unter den einheimischen Stärkearten namentlich an der Kartoffelstärke sehr schön und deutlich zu sehen ist. Es liegen sehr zahlreiche Schichten um einen gewöhnlich excentrisch gelegenen Punkt herum. Das einzelne Stärkekorn besteht aus dreierlei Substanzen: aus der Granulose, die sich mit Jod blau färbt, aus der Erythrogranulose, die sich mit Jod roth färbt, und aus der Cellulose, die sich mit Jod nicht oder gelblich färbt. Wenn man Stärke mit einer grösseren Menge von Jod versetzt, so färben sich die Stärkekörner tief dunkelblau bis schwarzblau. Das rührt daher, dass sich die Granulose, die bei Weitem die Hauptmasse des ganzen Stärkekorns ausmacht, mit Jod blau färbt, und durch diese Farbe jede andere verdeckt. Wenn Sie aber zu der Stärke nur sehr wenig Jod hinzusetzen und sie längere Zeit damit schütteln, so dass sich dieses Jod ganz gleichmässig in allen Stärkekörnern vertheilen kann, dann färbt sich die Stärke nicht blau, sondern blassroth. Das rührt daher, dass die Erythrogranulose, die in relativ geringer Menge in der Stärke vorhanden ist, eine grössere Verwandtschaft zum Jod hat als die Granulose. Wenn deshalb nur sehr wenig Jod vorhanden ist, so nimmt die Erythrogranulose dieses ausschliesslich für sich in Anspruch, und nicht nur die Cellulose, sondern auch die Granulose bleibt weiss.

Wenn die Stärkekörner mit Wasser erhitzt werden, so ziehen sie das Wasser an sich, die Schichten quellen und blättern sich auseinander. Dadurch entsteht eine pappige Masse, welche unter dem Namen des Stärkekleisters bekannt ist, und welche sich gleichfalls mit Jod blau färbt. Wenn man einen solchen Kleister, der mit Jod blau gefärbt worden ist, erhitzt, so erblasst er, es vergeht die blaue Farbe vollständig. Wenn man ihn aber dann erkalten lässt, so stellt sich die Farbe wieder her. Es ist dies einmal so erklärt worden, dass beim Kochen das Jod verdampfe, sich aber in Dampfform über der Flüssigkeit lagere und nun beim Erkalten der Flüssigkeit wieder absorbirt werde. Man kann aber leicht zeigen, dass diese Erklärung unrichtig ist. Zu diesem Zwecke füllt man ein Reagirglas halb mit Stärkekleister an, setzt Jod hinzu und erhitzt, bis die Flüssigkeit farblos geworden ist, dann steckt man das untere Ende des Reagirglases in kaltes Wasser. Dann müsste, wenn sich das Jod oben angehäuft hätte, die Färbung sich zuerst oben wiederherstellen. Das geschieht aber nicht, sondern die Färbung stellt sich unten wieder her, während die oberen Partien noch farblos sind. Man sieht also daraus, dass das Ganze eine Dissociationserscheinung ist, dass die Jodstärke bei höherer Temperatur nicht bestehen kann, dass das Jod aber noch in der Flüssigkeit bleibt und sich hinterher beim Erkalten wieder mit der Stärke verbindet. Wenn man längere Zeit kocht, kann man allerdings alles Jod aus der Flüssigkeit austreiben, dann stellt sich aber die Farbe auch nicht her, wenn man die Flüssigkeit erkalten lässt. Wenn man nach dem Erhitzen das Reagirglas ins kalte Wasser bringt, so bemerkt man manchmal, dass die Flüssigkeit nicht blau, sondern dass sie roth wird. Das bemerkt man namentlich, wenn man einen etwas dickeren Stärkekleister anwendet, und etwas länger

erwärmt. Es rührt dann daher, dass im Verhältnisse zu der Menge der Stärke nur sehr wenig Jod vorhanden ist, so dass die Granulose nichts mehr davon abbekommt, indem die Erythrogranulose im Kleister das ganze Jod für sich in Anspruch nimmt.

Wir werden später mehrere Fermente kennen lernen, welche das Amylum in Dextrin und Zucker umwandeln. Sie greifen alle die Granulose früher an, als die Erythrogranulose, so dass in einem gewissen Stadium ein Rest zurückbleibt, der sich mit Jod nicht mehr blau, sondern roth färbt, und aus Cellulose und Erythrogranulose besteht. Es wird uns bequem sein, für diesen Rest einen eigenen Namen zu haben, und ich will ihn deshalb als Erythramylum bezeichnen.

Es ist behauptet worden, die Erythrogranulose als besondere von der Granulose verschiedene Substanz existire nicht. Die rothe Färbung beruhe einerseits darauf, dass die Jodgranulosefärbung, je nach ihrer Intensität und je nach der Dicke der Schicht mehr roth oder blau erscheine, andererseits auf theilweiser Umwandlung des Jods in Jodwasserstoffsäure. Es ist allerdings richtig, dass unter gewissen Umständen unter Bildung von Jodwasserstoffsäure Entfärbung eintritt, und dass die früher blaue Masse dabei vorübergehend roth wird. Wenn die rothe Farbe aber der Granulose inhärirte, so müsste auch jede verdünnte Stärkelösung, die durch reichlichen Jodzusatz noch tiefblau wird, durch vorsichtigen auch roth gemacht werden können, was durchaus nicht der Fall ist. Es gelingt dies nur wo Amylum, rohes oder gekochtes, in grösserer Menge angehäuft ist, denn hier allein ist genug Erythrogranulose vorhanden um ihre Farbenreaction sichtbar zu machen. Dicker Stärkekleister und rohe Weizenstärke in Substanz können geradezu roth gemacht werden, ohne eine Spur von Blau: bei Zusatz von mehr Jod wird die Farbe tiefer, gesättigter und geht, indem sich auch die Granulose färbt, durch Violett in Blau über. Wenn die rothe Farbe der Granulose inhärirte, müsste sie sich bei verschiedenen Stärkesorten in gleicher Weise zeigen, und doch ist sie bei der Kartoffelstärke so schwach, dass sie hier ganz geleugnet ist. Dieser Unterschied erklärt sich einfach dadurch, dass die Kartoffelstärke weniger Erythrogranulose enthält als die Weizenstärke.

Wenn man Stärke mit Wasser, dem man zwei Procent käuflicher Schwefelsäure zugesetzt hat, anhaltend kocht, und nach einiger Zeit die Flüssigkeit mit Jod probirt, so findet man, dass sie sich nicht mehr blau färbt, sondern roth. Schon vorher aber, als sie sich noch blau färbte, hatte die Stärke durch die Einwirkung der Schwefelsäure eine Veränderung erlitten, sie war löslich geworden. Diese lösliche Stärke, Nasse's Amidulin, unterscheidet sich von der aufgequollenen Stärke dadurch, dass sie klare Lösungen gibt; im Uebrigen aber hat sie alle Reactionen, alle chemischen Eigenschaften der Granulose. Sie entsteht aus der Stärke, erstens durch langes Kochen mit Wasser, zweitens durch Kochen mit Pflanzensäuren. Am besten bereitet man sie sich durch Kochen mit Oxalsäure oder Weinsäure. Sie entsteht auch durch Kochen mit Mineralsäuren, aber diese sind nicht geeignet, um sie darzustellen, denn, wenn man mit Mineralsäuren, z. B. mit verdünnter Schwefelsäure länger kocht, ändert sich diese lösliche Stärke weiter in einen Körper um, der sich mit Jod nicht blau, sondern roth färbt, und welcher den Namen

Dextrin führt. Er führt den Namen Dextrin, weil er die Polarisationsebene nach rechts dreht. Es ist dies keine ihm besonders zukommende Eigenschaft: es dreht auch die lösliche Stärke, es dreht auch ein Theil der Zuckerarten die Polarisationsebene nach rechts; aber als man diesen Körper zuerst näher untersuchte, fiel sein starkes Drehungsvermögen nach rechts hin auf, und deshalb hat man ihm den Namen Dextrin gegeben. Dieses Dextrin hat die Eigenschaft eines Gummi, es löst sich im Wasser zu einer klaren, im concentrirten Zustande klebrigen Flüssigkeit auf und wird deshalb auch in der Industrie als Surrogat für Gummi gebraucht, als Mittel zum Appretiren. Es hat einen faden Geschmack wie das Gummi, es wird wie das Gummi durch Alkohol und auch durch Eisessig aus seinen wässerigen Lösungen herausgefällt u. s. w. Dieses Dextrin wird für den technischen Gebrauch in verschiedener Weise dargestellt. Es wird erstens einfach durch Rösten der Stärke dargestellt: das ist das Dextrin, das für gewöhnlich in den Handel kommt und zum Appretiren gebraucht wird. Es wird die Stärke entweder in Trommeln, ähnlich denen, welche man zum Kaffeebrennen braucht, oder in andern Vorrichtungen geröstet, bis sie sich bräunt und bis sie in Wasser löslich wird. Dieses Dextrin ist ein Gemenge aus Cellulose, aus Erythrogranulose, aus löslicher Stärke und aus Dextrin. Da dieses käufliche Dextrin noch grosse Mengen von löslicher Stärke enthält, so färbt es sich in der Regel in seinen wässerigen Lösungen mit Jod blau oder violett. Reiner ist ein anderes Dextrin, welches in Frankreich nach der Angabe von Payen bereitet wird. Man rührt zuerst die Stärke mit kleinen Mengen von verdünnter Salpetersäure zu einem Brei an und formt daraus flache Kuchen: diese werden getrocknet und, nachdem man sie zerkleinert, schwach geröstet. Wenn Sie dieses Dextrin mit sehr verdünnter Jodlösung (man wendet für alle diese Versuche am besten eine Lösung von Jod in Jodkaliumlösung an) versetzen, so sehen Sie, dass es sich schön roth färbt. Je reiner das Dextrin ist, je mehr es von löslicher Stärke frei ist, um so mehr färbt es sich roth, je mehr lösliche Stärke noch darin enthalten ist, um so mehr färbt es sich violett. Diese Farben fallen aber bei Gemengen von Dextrin und löslicher Stärke verschieden aus, je nachdem man viel oder wenig Jod hinzusetzt. Wenn man sich eine sehr verdünnte Jodkaliumjodlösung bereitet, und davon zu einem Gemenge von Dextrin und löslicher Stärke hinzusetzt, so färbt sich zuerst die Flüssigkeit rein blau: wenn man aber dann mit Wasser weiter verdünnt, so dass das Blau blass wird, und setzt nun noch einen Tropfen Jodlösung hinzu u. s. w., so kommt man zuletzt an einen Punkt, wo in der blassblauen Flüssigkeit auf Zusatz der Jodlösung nicht mehr eine blaue, sondern eine rothe Wolke entsteht. Das beruht einfach auf Folgendem: Die lösliche Stärke hat eine viel grössere Verwandtschaft zum Jod als das Dextrin: so lange also wenig Jod da ist, nimmt die lösliche Stärke alles Jod für sich in Anspruch: erst wenn sie sich mit dem Jod vollständig zu Jodstärke verbunden hat, dann geht bei weiterem Zusatz von Jodlösung das Jod an das Dextrin und bringt nun die rothe Färbung hervor. Es ist leicht das Erythramylum, das früher immer mit dem Dextrin verwechselt ist und für ein Umwandlungsproduct der Stärke gehalten wurde, von dem Dextrin zu unterscheiden. Wenn man aus einem Gemenge von Dextrin, löslicher Stärke und Erythramylum die lösliche

Stärke durch Gerbsäure ausfällt, so fällt man das ganze Erythramylum mit aus, während das Dextrin in Lösung bleibt. Zweitens, wenn eine zu untersuchende Lösung mit Jod eine rothe Farbe gibt, von der man im Zweifel ist, ob sie von Dextrin oder von Erythramylum herrührt, so kann man dies folgendermassen entscheiden. Man versetzt die Flüssigkeit reichlich mit Jod und säuert an; dann senkt sich nach längerem Stehen das ganze Erythramylum zu Boden, und wenn kein Dextrin in der Flüssigkeit ist, so bleibt darüber eine ungefärbte oder gelbliche Flüssigkeit stehen, während umgekehrt, wenn die rothe Reaction nur von Dextrin herrührt, kein Niederschlag entsteht, indem das Joddextrin sich in sauren Auflösungen nicht ausscheidet, wie es das Erythramylum thut. Endlich hat, wie wir gesehen haben, das Erythramylum, oder richtiger, die in ihm enthaltenen Erythrogranulose, eine stärkere Verwandtschaft zum Jod als die Granulose, das Dextrin aber eine geringere.

Wenn man mit dem Kochen der Stärke mit verdünnter Schwefelsäure fortfährt und von Zeit zu Zeit wieder Proben herausnimmt, so wird man finden, dass nach einiger Zeit auch die rothe Reaction verschwindet, dass die Flüssigkeit sich mit Jod nicht mehr, oder nur noch gelblich färbt. Wenn man jetzt die Säure neutralisirt und die Flüssigkeit kostet, so wird man bemerken, dass sie süsslich schmeckt, es hat sich ein Zucker in ihr gebildet. Versetzt man aber die filtrirte Flüssigkeit mit Alkohol, so bekommt man noch einen Niederschlag. Wenn man diesen Niederschlag auf dem Filtrum sammelt, ihn in wenig Wasser wieder auflöst, so findet man, dass er, ähnlich wie das Dextrin, welches wir bisher kennen gelernt haben, eine gummiartige Masse darstellt, die sich aber durch Jod nicht mehr färbt. Auch diese Substanz dreht die Polarisationsebene noch nach rechts, und sie ist in der That auch vielfältig mit dem Namen Dextrin belegt worden, namentlich von allen französischen Chemikern. Daher kommen die verschiedenen Angaben in den Lehrbüchern, indem es einmal heisst: das Dextrin färbt sich mit Jod violett — das bezieht sich auf das gewöhnliche käufliche Dextrin — ein anderes Mal heisst es: das Dextrin färbt sich mit Jod roth — das bezieht sich auf reineres Dextrin — und ein ander Mal heisst es: es färbt sich das Dextrin mit Jod gar nicht oder gelblich — das bezieht sich auf diese zweite Art von Dextrin, die sich erst bei längerer Einwirkung der Säure bildet. Da diese beiden Körper, wie wir später sehen werden, sehr wesentlich von einander verschieden sind, so können sie auch nicht beide ohne weiters den Namen Dextrin führen, wir müssen sie deshalb durch verschiedene Namen unterscheiden. Ich will dasjenige Dextrin, das sich mit Jod roth färbt, Erythrodextrin, und dasjenige Dextrin, das sich mit Jod nicht färbt, Achroodextrin nennen. Diese beiden Körper hat schon Nasse genau gekannt, der den sich mit Jod roth färbenden Dextrin und den sich mit Jod nicht färbenden Dextrinogen nannte. Ich behalte den Namen Dextrinogen deshalb nicht bei, weil dieser Körper von allen französischen Chemikern ausnahmslos als Dextrin bezeichnet worden ist, und auch von den übrigen nicht vom Dextrin unterschieden wurde, wenn sie auch angaben, es färbe sich das Dextrin mit Jodtinctur roth.

Ausser diesem Achroodextrin befindet sich also jetzt in der Flüssigkeit noch ein Zucker, und wir nennen diesen Zucker, weil er aus der

Stärke hervorgegangen ist, Stärkezucker, weil er aus dem Dextrin entstanden ist, Dextrinzucker, wir nennen ihn auch Glycose, und nennen ihn endlich im krystallisirten Zustande auch Traubenzucker, weil man ihn zuerst in dem weissen Mehle fand, welches sich auf getrockneten Weinbeeren findet. Also Stärkezucker, Dextrinzucker, Glycose und Traubenzucker sind im Wesentlichen ein und dasselbe, man macht nur den Unterschied, dass man den Namen Traubenzucker stets nur für den bereits krystallisirten Zucker nimmt, und den Namen Dextrinzucker mehr auf den unkrystallisirten Zucker, wie er z. B. im Kartoffelsyrup enthalten ist, anwendet. Man nannte diesen Zucker ursprünglich auch Krümelzucker, weil man ihn nicht wie den Rohrzucker in wohlausgebildeten Krystallen erhalten konnte. Dieser Name ist aber ungebräuchlich geworden, weil man auch den Traubenzucker durch Krystallisation aus verdünntem Weingeist in verhältnissmässig grossen und gut ausgebildeten Krystallen erhalten hat. Er hat die Zusammensetzung $C_6\ H_{12}\ O_6$, und im krystallisirten Zustande die Zusammensetzung $C_6\ H_{14}\ O_7$. Man kann sich also vorstellen, dass er aus Dextrin, das noch die Zusammensetzung der Stärke hat, durch Aufnahme von Wasser entstehe. Er ist sehr leicht in Wasser löslich und ist auch ziemlich leicht löslich in Weingeist. Er ist direct gährungsfähig, das heisst, er zerfällt unter der Einwirkung von Hefe in Kohlensäure und Alkohol, ohne vorher in einen andern Zucker überzugehen. Er geht in Alkohol schwer lösliche Verbindungen mit Kali, Kalk und Baryt ein. Er geht auch eine krystallisirte Verbindung mit Chlornatrium ein. Mit Kali oder Natron erwärmt bräunt er sich, und die Lösung nimmt einen eigenthümlichen Geruch an. Er hat die Eigenschaft, alle leicht reducirbaren Metalloxyde in alkalischen Lösungen zu reduciren. Er reducirt auch die Wolframsäure und die Molybdänsäure, die erstere nur in alkalischen, die letztere aber in sauren und in alkalischen Lösungen. Dieses sein Vermögen, als Reductionsmittel zu dienen, wird vielfältig angewendet, um ihn in Flüssigkeiten aufzusuchen. Man wendet zu diesem Zwecke einerseits Kupferoxydsalze an, und darauf beruht die Trommer'sche Zuckerprobe, oder man wendet Magisterium bismuthi, basisch salpetersaures Wismuthoxyd an — man kann sich auch statt dessen des Wismuthoxydhydrats bedienen — und darauf beruht die Böttger'sche Zuckerprobe. Diese beiden Proben sind nicht etwa specielle Reactionen auf Zucker, sondern sie sind nur Reductionsproben, und man muss sich, wenn man mit denselben Zucker nachweisen will, immer überzeugen, dass nicht ausserdem anderweitige Substanzen in der Flüssigkeit sein können, welche dieselbe Reduction veranlassen.

Um die Reduction eines Kupferoxydsalzes zu erhalten, nimmt man die zuckerhaltige Flüssigkeit, setzt Kali hinzu, und dann eine verdünnte Lösung von schwefelsaurem Kupferoxyd. Man setzt davon so lange zu, als sich der Niederschlag von Kupferoxydhydrat beim Umschütteln noch wieder auflöst. Wenn der Niederschlag anfängt sich schwerer zu lösen oder die erste Spur einer bleibenden Trübung entsteht, hört man auf. Dass man nicht mehr Kupferlösung zusetzt, hat darin seinen Grund, dass die unlöslichen Kupferoxydverbindungen, indem sie der Reduction entgehen, den bei der Reaction entstehenden Niederschlag von Kupferoxydul oder Oxydulhydrat verunreinigen, beziehungsweise verdecken. Um den letzteren hervorzubringen, erwärmt man. Er entsteht entweder von

vorne herein mit rother Farbe, oder er entsteht mit gelber Farbe, die sich dann aber meist bei längerem Kochen in eine rothe umwandelt. Der gelbe Niederschlag, welcher entsteht, ist Kupferoxydulhydrat, der rothe Niederschlag ist Kupferoxydul. Wenn also der gelbe Niederschlag sich in einen rothen umwandelt, so geschieht dies dadurch, dass beim längeren Kochen das Kupferoxydulhydrat sein Wasser verliert. Wir werden später, wenn wir von der Aufsuchung des Zuckers im Harne sprechen, noch ausführlicher wiederum auf diese Probe zurückkommen.

Wenn man die Böttger'sche Probe anstellen will, so fügt man zu der Flüssigkeit gleichfalls zuerst Kali und dann nimmt man eine kleine Portion vom basisch salpetersauren Wismuthoxyd und schüttet dasselbe hinein. Man muss die Portion um so kleiner nehmen, je kleiner die Menge von Zucker ist, welche man erwartet. Denn da eine kleine Menge von Zucker nur eine kleine Menge von Wismuthoxyd reducirt, so wird durch den Ueberschuss die charakteristische dunkle Färbung verdeckt. Beim Kochen wird die Flüssigkeit rauchig, beim Stehen klärt sie sich, und es setzt sich dann ein schwarzes Pulver, Wismuthmetall zu Boden. Bisweilen ist, auch wenn man eine kleine Menge von Wismuthsalz genommen hat, das Pulver, welches sich an den Boden setzt, nicht schwarz, sondern grau. Das ist ein Zeichen, dass die Menge von Zucker, welche vorhanden ist, sehr gering war. Es hat sich dann kein Wismuthmetall gebildet, sondern nur Wismuthoxydul. Wenn gar kein Zucker und überhaupt keine das Wismuthoxyd reducirenden Substanzen in der Flüssigkeit vorhanden sind, so färbt sich das Pulver nicht grau, sondern gelb von gebildetem Wismuthoxyd. Die Böttger'sche Probe bedarf aber einer Gegenprobe: denn es wäre ja möglich, dass der schwarze Körper, der sich bildet, nicht Wismuthmetall wäre, sondern Schwefelwismuth, das sich in Folge der Zersetzung irgend einer schwefelhaltigen Substanz in der Flüssigkeit gebildet hat. Um sich zu überzeugen, nimmt man eine neue Probe der Flüssigkeit, setzt wieder Kalilösung hinzu und fügt dann eine ganz kleine Portion fein gepulverter Bleiglätte oder einen Tropfen von der Lösung eines Bleisalzes hinzu und kocht damit. Wenn die Flüssigkeit ungefärbt bleibt, und sich auch das Pulver nicht färbt, so ist kein derartiger Körper in der Flüssigkeit. Denn, wenn ein solcher in der Flüssigkeit wäre, so müsste sich gerade so, wie sich Schwefelwismuth gebildet hat, auch Schwefelblei bilden.

Wir haben gesehen, dass die Stärke beim Kochen mit verdünnter Schwefelsäure zuerst in lösliche Stärke übergeht, dann in Erythrodextrin, dann in Achroodextrin und endlich in Zucker. Alle diese Körper drehen die Polarisationsebene nach rechts. Schon die lösliche Stärke thut dies und zwar in hohem Grade, auch das Dextrin, welches davon seinen Namen hat, und ebenso der Stärkezucker, der aus dem Dextrin entsteht. Da wir mit dieser Eigenschaft noch öfter zu thun haben werden, und wir das Drehen der Polarisationsebene nach rechts oder links als Unterscheidungsmittel für verschiedene Zucker gebrauchen, so müssen wir etwas näher darauf eingehen.

Wenn wir geradlinig polarisirtes Licht in eine sogenannte inactive Flüssigkeit, das heisst in eine Flüssigkeit, welche die Polarisationsebene nicht dreht, hineintreten lassen, so bleibt die Polarisationsebene eine gewöhnliche Ebene: wenn dagegen die Polarisationsebene von der Flüssig-

keit nach rechts oder nach links gedreht wird, so wird die gewöhnliche Ebene in eine windschiefe Ebene umgewandelt, und zwar wird die Polarisationsebene, wenn die Flüssigkeit nach links dreht, eine nach links windschiefe Ebene, und wenn die Flüssigkeit nach rechts dreht, eine nach rechts windschiefe Ebene. Dies ermitteln wir durch die Polarisationsapparate für Flüssigkeiten, von denen einer der einfachsten der Mitscherlich'sche ist. Er besteht im Wesentlichen aus einer für die Aufnahme der Flüssigkeit bestimmten zwei Decimeter langen Röhre, die zwischen einem festen und einem drehbaren Nicol'schen Prisma aufgestellt ist. Zunächst der Lichtquelle und dieser zugewendet befindet sich das feste Nicol'sche Prisma, aus dem das Licht geradlinig polarisirt herauskommt, und dann durch eine Sammellinse in das für die Aufnahme der Flüssigkeit bestimmte, an beiden Enden mit planparallelen Glaswänden versehene Messingrohr geleitet wird. Aus diesem gelangt es durch ein zweites, drehbares Nicol'sches Prisma zum Auge. Dieses zweite Nicol'sche Prisma trägt einen mit ihm fest verbundenen Zeiger, der, wenn man es um seine Axe dreht, an einem Gradbogen den Werth der Drehung angibt. Der Zeiger ist von Hause aus so fixirt, dass bei der Stellung auf Null die Schwingungsebenen der beiden Nicol'schen Prismen senkrecht auf einander stehen, so dass man also, wenn man den Zeiger auf Null stellt, für den Fall, dass die Flüssigkeit nicht dreht, dunkles Sehfeld hat. Ich will jetzt annehmen, das Licht, in dem beobachtet werden soll, sei monochromatisches Licht. Sie können sich auf die leichteste Weise gelbes und rothes monochromatisches Licht verschaffen. Gelbes monochromatisches Licht, indem Sie den Docht einer Spirituslampe mit Kochsalz einreiben, oder wenn Sie über Gas disponiren, den Gasbrenner da, wo das Gas ausströmt mit etwas kohlensaurem Natron bestreichen, so dass die Flamme des Gases, welche Sie so regulirt haben, dass sie an und für sich wenig leuchtend sein würde, jetzt mit der gelben Farbe des Natrons brennt. Rothes nahezu monochromatisches Licht können Sie sich verschaffen, indem Sie vor dem ersten oder hinter dem zweiten Nicol ein mit Kupferoxydul roth überfangenes Glas anbringen und dann nach einer beliebigen Lichtquelle visiren. Wir wollen annehmen, Sie wendeten gelbes monochromatisches Licht an; dann ist, wenn sich in der Röhre eine Dextrin- oder Stärkezuckerlösung befindet, bei der Stellung des Zeigers auf Null das Sehfeld nicht dunkel. Sie müssen erst mehr oder weniger nach rechts drehen, damit es dunkel werde, weil die Schwingungsebene, also auch die Polarisationsebene beim Austritte des Lichtes nicht mehr dieselbe ist, wie beim Eintritte. Sie hat ihre Lage verändert in dem Sinne, in dem der Zeiger an der Uhr seine Lage verändert, das heisst: Die Flüssigkeit dreht nach rechts. Würde sie sie im entgegengesetzten Sinne verändert haben, so würde man sagen: Die Flüssigkeit dreht nach links.

Die Anzahl von Graden, um welche Sie nach rechts drehen müssen, um dunkles Sehfeld zu erhalten, ist erstens abhängig von der Länge des Rohres: denn, da Sie sich die Polarisationsebene in demselben als eine windschiefe, als eine gedrehte Ebene zu denken haben, so hätten Sie, wenn das Rohr nur halb so lang wäre, auch nur die halbe Ablenkung. Weiter ist die Drehung abhängig von der Concentration der Flüssigkeit, das heisst von der Menge der activen Substanz, die in einem Liter der-

selben enthalten ist, und von der Wirksamkeit dieser activen Substanz, vom sogenannten specifischen Drehungsvermögen. Letzteres wird durch einen Winkel $[\alpha]$ ausgedrückt, der gleich ist $\frac{a}{ld}$, wenn man mit a den direct abgelesenen Winkel, mit l die Länge des Rohres und mit d die Concentration bezeichnet. Da also $d = \frac{a}{[\alpha]l}$ ist, so kann man, wenn $[\alpha]$ bekannt ist, die Concentration aus der Drehung bestimmen, und $[\alpha]$ ermittelt man wieder, indem man die durch eine Lösung von derselben Substanz und bekannter Concentration hervorgebrachte Drehung bestimmt. Es muss letzteres aber bei demselben Lichte geschehen, bei dem man die Concentrations-Bestimmungen vornehmen will, weil sich $[\alpha]$, das specifische Drehungsvermögen, mit der Farbe des Lichtes ändert. Ausserdem ist die Temperatur zu berücksichtigen, und bei manchen Substanzen wird die Arbeit dadurch sehr erschwert, dass sich ihr specifisches Drehungsvermögen nach der Auflösung noch ändert.

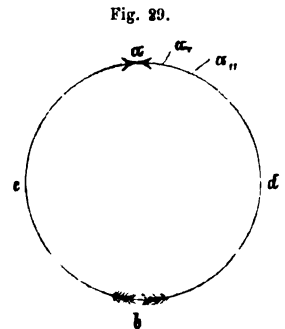
Wenn Sie nicht monochromatisches Licht, wenn Sie gewöhnliches Tageslicht oder Kerzenlicht anwenden, so werden die verschiedenen Farben, je nach ihrer verschiedenen Brechbarkeit, mehr oder weniger stark abgelenkt. Daraus folgt, dass Sie, Sie mögen drehen, wie Sie wollen, niemals einen Stand des Zeigers finden, bei dem Sie absolut dunkles Sehfeld haben. Die Helligkeit ändert sich, sie nimmt erst ab und sie nimmt dann wieder zu; dazwischen liegt eine Reihe von Farben, durch die Sie hindurchgehen. Dabei kommen Sie auf eine Farbe, welche eine verhältnissmässig geringe Lichtintensität hat, ein Purpurviolett, das, wenn man um sehr wenig nach der einen Seite dreht, gleich in Blau, und wenn man nach der andern Seite dreht, gleich in Roth übergeht. Wegen der Empfindlichkeit, welche diese Farbe zeigt, wegen der Leichtigkeit, mit der sie bei geringer Verstellung das eine Mal in Blau, und das andere Mal in Roth übergeht, benützt man sie, wenn man mit nichtmonochromatischem Lichte arbeitet, zum Einstellen, und man benennt sie mit dem Namen der Uebergangsfarbe, der Teinte de passage.

Wenn Sie lösliche Stärke, die beiden Dextrine und Zucker untersuchen, so finden Sie, dass diese in verschiedenem Maasse drehen, und dass die specifische Drehung um so grösser ist, je näher Sie sich noch an der Stärke befinden, so dass also die specifische Drehung des Körpers bei der Einwirkung der Säure, während welcher die lösliche Stärke in Dextrin, das Dextrin in Achroodextrin und das Achroodextrin in Zucker umgewandelt wird, abnimmt. Ich muss Ihnen beiläufig bemerken, dass die Zahlen, welche für das specifische Drehungsvermögen des Dextrins in den Lehr- und Handbüchern stehen, werthlos sind, weil man niemals reines Dextrin zu diesem Versuche angewendet, weil man überhaupt kein Mittel kennt, die beiden Dextrine vollkommen getrennt und rein darzustellen. Anders verhält es sich, wie wir später sehen werden mit dem Zucker.

Wir werden später bei der Bestimmung des Zuckers im Harne noch auf die verschiedenen Polarisationsapparate zurückkommen. Ich will hier nur kurz auf die Erklärung eingehen, welche Fresnel von unserer Erscheinung gegeben hat.

Ich muss auf etwas zurückkommen, was wir bereits in der Einleitung (S. 30 und 31) beschrieben haben, nämlich darauf, dass einerseits ein geradlinig polarisirter Strahl zerlegt werden kann in zwei circular polarisirte Strahlen mit entgegengesetzter Bewegungsrichtung, und dass also andererseits die beiden circular polarisirten Strahlen auch wieder zu einem geradlinig polarisirten Strahle zusammengesetzt werden können. Jetzt denken Sie sich, Sie hätten zwei circular polarisirte Strahlen Fig. 29 mit entgegengesetzter Bewegungsrichtung: sie sollen in solchen Phasen gegen einander stehen, dass in *a* und in *b* die Impulse entgegengesetzt gegen einander gerichtet sind, und dass in *c* und in *d* die Impulse gleichgerichtet sind. So lange nun diese beiden Strahlen sich in einer Flüssigkeit beide mit gleicher Geschwindigkeit fortpflanzen, werden die Impulse nach jedem Umlaufe immer wieder so zusammenkommen, dass sie in *a* und in *b* entgegengesetzt und in *c* und *d* gleich gerichtet sind. Wenn ich deshalb diese Strahlen irgendwo in einem Nicol-schen Prisma auffange, so dass sie wieder in eine Schwingungsebene eintreten müssen, so werde ich die volle Lichtstärke immer dann haben, wenn die Schwingungsebene in *a b* liegt, und ich werde die Lichtstärke Null haben, wenn die Schwingungsebene in der Richtung *c d* liegt. Nun denken Sie sich aber, dass der eine Strahl dem andern voransliefe, dass er sich schneller fortpflanzte als der andere, so wird nach einer grösseren oder geringeren Anzahl von Umläufen der Punkt *a*, in dem die Impulse gerade entgegengesetzt waren, nach $a_,$ gerückt, nach weiteren Umläufen wird er nach $a_{,,}$ verrückt sein, und so wird er bei jedem neuen Umlaufe sich immer weiter verschieben, und so wird die Polarisationsebene langsam in eine windschiefe Ebene gedreht. Ich muss also auch jetzt, wenn ich absolute Dunkelheit haben will, das Nicol'sche Prisma in eine neue Lage bringen, und die Drehung wird um so grösser sein, je länger das Rohr ist, je grösser also die Anzahl von Umgängen ist, welche die beiden Strahlen gemacht haben. Das Entgegengesetzte findet natürlich statt, wenn der andere Strahl derjenige ist, welcher sich schneller fortpflanzt, dann wird nicht mehr, wie ich es hier gezeichnet habe, eine Drehung der Polarisationsebene nach rechts stattfinden, sondern es wird umgekehrt eine Drehung der Polarisationsebene nach links stattfinden.

Fig. 29.



Eine analoge Veränderung der Stärke, wie wir sie durch Kochen mit verdünnter Schwefelsäure hervorgebracht haben, lässt sich auch noch auf ganz anderem Wege hervorbringen. In den Knospen und in keimenden Samen entwickelt sich eine ihrem Wesen nach noch wenig bekannte Substanz, welche man mit dem Namen der Diastase belegt, und unter deren Einfluss sich die Stärke, welche in die Samen eingelagert ist, in Dextrin und Zucker umwandelt. Dieselbe Substanz benützen wir, um zu technischen Zwecken Stärke in Dextrin und Zucker umzuwandeln. Wir lassen Gerste keimen und trocknen, wir nennen dieses Product Malz und verwenden es zur Umwandlung von Stärke in Dextrin und Zucker, indem wir das Malz, wie es in der Bierbrauerei geschieht, direct benützen, oder,

wie wir es zu Laboratoriumszwecken thun, indem wir das Malz mit Wasser ausziehen und diesen wässerigen Auszug anwenden. Es geht die Umwandlung in der Kälte sehr langsam von statten, steigert sich aber bis zu einem gewissen Grade mit der Steigerung der Temperatur und erreicht ihr Maximum, wenn die Temperatur zwischen 60° und 75° ist. Erhitzt man dann weiter bis zum Sieden, so zerstört man die Wirksamkeit der Diastase, und es findet nun keine Umwandlung mehr statt. Darauf beruht es, dass, wenn man einen Auszug von Malz mit gekochter Stärke zusammenbringt, in dieser sich in der Kälte die Stärkereaction sehr lange erhält. Wenn man aber langsam und vorsichtig erwärmt, so tritt die Wirkung bald ein, die Stärkereaction verschwindet, es findet sich nachher Dextrin und Zucker in der Flüssigkeit. Wenn man aber das Ganze sehr rasch zum Kochen bringt, so findet sich trotz längeren Kochens die Stärkereaction noch, weil man durch die zu hohe Temperatur die Wirksamkeit der Diastase zerstört hat, noch ehe die Umwandlung vollendet war. Der Process geht hier nicht ganz so, aber doch einigermassen ähnlich von statten, wie beim Kochen mit verdünnter Schwefelsäure. Zuerst wird die Granulose umgewandelt. In Folge davon bekommt man schon nach kurzer Einwirkung, wenn man Jodtinctur zu der Flüssigkeit hinzusetzt, keine blaue, sondern nur eine rothe Farbe. Diese rothe Farbe rührt einerseits her von dem Körper, welchen wir mit dem Namen Erythramylum bezeichnet haben, dem Reste der Stärke, welcher aus Cellulose und aus der mit ihr verbundenen und schwerer als die Granulose umwandelbaren Erythrogranulose besteht. Ausserdem kann aber auch die rothe Farbe von Erythrodextrin herrühren, wenn sich solches in einiger Menge in der Flüssigkeit befindet. Das hängt von der Menge der Diastase ab, welche man angewendet hat. Wenn man eine zu geringe Menge von Diastase angewendet hat, häuft sich das Erythrodextrin in der Flüssigkeit an; wenn man die Diastase in hinreichender Menge angewendet hat, wird das gebildete Erythrodextrin gleich wieder in Achroodextrin und Zucker umgewandelt. Wenn man die Diastase noch länger einwirken lässt, und dann die Flüssigkeit wieder mit Jod prüft, so bekommt man auch keine rothe Reaction mehr, sondern die Flüssigkeit färbt sich nur noch gelb. Es bleibt zwar noch ein Rest von der Stärke zurück, aber dieser Rest besteht ausschliesslich aus Cellulose. Es wird also sowohl die Granulose als auch die Erythrogranulose durch die Diastase vollständig in Dextrin und Zucker umgewandelt; aber man findet auch, wenn man diesen Process noch längere Zeit fortführt, immer noch grosse Mengen von Achroodextrin in der Flüssigkeit. Es führt uns diese Wahrnehmung zu einer sehr wichtigen Controverse, der wichtigsten, welche in der Theorie dieser ganzen Umwandlungen existirt. Die gangbare Vorstellung ist die, dass durch die Diastase die Stärke in Dextrin und das Dextrin wieder in Zucker umgewandelt werde. Gegen diese Anschauung ist aber in neuerer Zeit Musculus aufgetreten, der sagt: Das Dextrin wird durch Diastase nicht in Zucker umgewandelt. Er versteht dabei unter Dextrin nur das Achroodextrin. Er sagt: Die Stärke zerfällt in Dextrin — in unser Achroodextrin — und in Zucker: das ist ein Spaltungsprocess, und die Diastase hat weiter auf das Achroodextrin keinen Einfluss mehr. Allerdings, sagt er, ist es wahr, dass bei der Gährung nach und nach nahezu die ganze Masse in Alkohol umgewandelt werden kann: das beruht

aber nicht mehr auf der Einwirkung der Diastase, sondern auf einem Zersetzungs- oder Umwandlungsprocesse, den das Achroodextrin später während der Gährung durch die Gährung erleidet. Die meisten Chemiker haben diese Ansicht verworfen und sind bei der früheren geblieben: aber eines kann nicht bestritten werden, dass nämlich die Wirkung der Diastase auf das Achroodextrin eine ausserordentlich geringe ist. Die Diastase wirkt auf die Stärke, sowohl im aufgequollenen als im auflöslichen Zustande, mit der grössten Energie; sie wirkt mit nicht geringer Energie auf das Erythrodextrin, die rothe Reaction verschwindet in ganz kurzer Zeit, wenn man dasselbe mit einer warmen Diastaselösung zusammenbringt. Ganz anders aber verhält sich das Achroodextrin. Ich habe ein paar Versuche darüber angestellt, unter andern einen in folgender Weise. Ich mass von einer Lösung von Achroodextrin zwei Portionen ab, und ebenso von einem Malzauszuge. Ich hatte also vier Flüssigkeitsportionen, von denen je zwei gleichartig waren. Zwei ungleichartige goss ich zusammen, so dass ich nun nur drei Flüssigkeitsportionen in drei Gläsern hatte; alle drei Gläser setzte ich in ein Wasserbad von 60° C. und liess sie drei Stunden darin. Wenn die Diastase eine bedeutende Wirkung gehabt hätte, eine ähnliche, wie sie auf Erythrodextrin hat, so hätte hier in kurzer Zeit das Achroodextrin schwinden und in Zucker umgewandelt werden müssen. Das war aber durchaus nicht der Fall. Denn, als ich nach drei Stunden den Inhalt des Glases, in dem die Mischung stattgefunden, in eine gemessene Quantität Alkohol hineingoss und gleichzeitig den Inhalt der beiden getrennten Gläser in ein anderes Gefäss, das eine gleiche Quantität Alkohol enthielt, so wog der Niederschlag von Achroodextrin im ersteren Gefässe 1,343, im zweiten 1,427 Gramm. Es war also nur wenig Dextrin zerstört worden.

Ich muss diese Dinge hier mit solcher Ausführlichkeit durchnehmen, einerseits, weil sie uns für die Bereitung eines unserer gebräuchlichsten Getränke interessiren, für die Bereitung des Bieres, und andererseits, weil wir auf dieselben Dinge bei der Verdauung zurückkommen werden, bei der Umwandlung der Stärke in Dextrin und Zucker im Darmkanale.

Es entsteht beim Malzprocesse, bei der Umwandlung der Stärke durch Diastase noch eine andere Frage, nämlich die, ob wirklich gleich von vorne herein gewöhnlicher Stärkezucker gebildet wird, oder ob zunächst ein in Alkohol schwer löslicher Zucker entsteht, welchen man mit dem Namen des Malzzuckers bezeichnet hat. Wenn man nämlich das Achroodextrin aus seiner natürlichen Lösung durch Alkohol ausfällt, so reducirt es sehr stark. Es reducirt grosse Mengen von Kupferoxyd und von Wismuthoxyd. Auch wenn man es mehrmals wieder in Wasser auflöst und wieder durch Alkohol fällt, reducirt es noch immer. Und doch kann man zeigen, dass das Achroodextrin als solches nicht reducirt. Man erwärmt eine Portion davon durch längere Zeit mit einer alkalischen Kupferoxydlösung, so dass aller Zucker, welcher darin enthalten ist, verschwindet, und wenn man dann mit Alkohol fällt, so kann man ein Achroodextrin herausfällen, welches nicht reducirt. Es ist also nur zweierlei möglich: entweder das Achroodextrin hat die Eigenschaft, beim Ausfällen durch Alkohol eine grössere Quantität Zucker mit sich zu reissen, oder es wird zunächst ein in Alkohol schwer löslicher Zucker

gebildet, welcher beim Fällen mit Alkohol mit dem Achroodextrin herausfällt. Die Ansichten darüber sind getheilt. Die Einen erkennen diesen in Alkohol schwer löslichen Zucker an, die Andern nehmen an, dass es gewöhnlicher Traubenzucker sei, welcher beim Ausfällen von dem Achroodextrin mitgerissen wird.

Wir haben uns bisher mit demjenigen Kohlehydrate beschäftigt, welches für unsere Ernährung das wichtigste ist, mit der Stärke und mit deren Umwandlungsproducten. Es reihen sich dieser nun einige Substanzen an, welche uns auch zur Nahrung dienen. Unter diesen steht der Stärke am nächsten der stärkemehlartige Körper im isländischen Moos, in der Cetraria islandica, das sogenannte Lichenin. Es wird von uns für gewöhnlich nicht genossen, wohl aber wird es benützt als Ernährungsmittel für Kranke, und namentlich in früheren Zeiten wurde es an Brustkranke vielfältig verabreicht. Man gewinnt das Lichenin, indem man die Cetraria islandica wenigstens vierundzwanzig Stunden mit einer sehr verdünnten Lösung von kohlensaurem Natron macerirt. Dadurch wird eine bittere Substanz aus derselben ausgezogen, welche man hinterher mittelst Wasser sammt dem kohlensauren Natron auswäscht. Die so behandelte Flechte wird dann zerkocht und die Flüssigkeit, welche man durch Kochen erhält, wird durch ein Tuch geseiht. Wenn sie hinreichend concentrirt ist, gesteht sie in der Kälte zu einer Gallerte. Wenn man sich das Lichenin reiner verschaffen will, fällt man es aus einer wässerigen Lösung mit Alkohol. Man kann es dann auf dem Filtrum sammeln, und erhält es als ein weisses Pulver, welches die Zusammensetzung der Stärke hat, und sich mit Jod blau färbt.

Eine andere der Stärke nahestehende Substanz, eine Substanz, die sich in ihren Eigenschaften zwischen Stärke und Erythrodextrin stellt, und welche für uns von grossem physiologischen Interesse ist, ist das sogenannte Glycogen. Das Glycogen wurde gleichzeitig von Bernard und Hensen in der Leber entdeckt. Es ist ein weisses, der Stärke ähnliches Pulver, das sich mit Jod nicht blau, sondern roth färbt, wie das Erythrodextrin. Es gibt aber nicht, wie das Erythrodextrin, mit Wasser klare Lösungen, sondern die verdünnten Lösungen sind opalisirend, die concentrirteren milchig trübe. Es wird durch Alkohol, durch Eisessig aus seinen wässerigen Lösungen gefällt, ganz wie das Dextrin und die Gummiarten. Durch Gerbsäure wird es aus seinen sauren, und bei grossem Ueberschuss derselben auch aus seinen ursprünglich neutralen Lösungen gefällt. Auch von essigsaurem Blei, das man mit Ammoniak versetzt hat, wird es niedergeschlagen. Dieses Glycogen, welches man, weil es zuerst in der Leber gefunden wurde, auch als Leberglycogen bezeichnete, und das bei Behandlung mit Säuren in ähnlicher Weise in Zucker übergeht, wie die Stärke und das Erythrodextrin, kommt nicht allein in der Leber vor, sondern auch in den Muskeln, in der mütterlichen Placenta, dann in den embryonalen Geweben reichlicher als in den fertigen Geweben, so dass es im Embryo in einzelnen Partien, namentlich in der Anlage der Hufe und Klauen der Thiere, in der Anlage der Lunge in sehr grosser Menge abgelagert ist und daraus später vollständig oder nahezu vollständig verschwindet. Wir nehmen das Glycogen zu uns erstens in der Leber, zweitens im Muskelfleische, und zwar um so mehr, je frischer das Fleisch in den Kessel kommt, denn nach dem Tode ändert

sich das Glycogen sehr bald in Zucker, und der Zucker in Milchsäure um. Auch in den Austern und anderen Schalthieren ist Glycogen in beträchtlicher Menge enthalten und wird als solches von uns genossen.

Eine dritte hier anzureihende Substanz ist das Inulin oder Dahlin, so genannt, weil es erstens gefunden worden ist in der Wurzel von Inula Helenium, und zweitens in den Knollen der Dahlien oder Georginen. Es wird, und wurde früher häufiger als jetzt, in den sogenannten Erdbirnen, den Knollen von Helianthus tuberosus, dem Topinambur, genossen, der, ehe die Kartoffel so verbreitet waren wie jetzt, in grosser Menge in Oesterreich angebaut wurde. Das Inulin aus dem Topinambur verhält sich übrigens etwas verschieden von dem Inulin aus Inula Helenium. Das letztere wird aus Inula Helenium durch Kochen gewonnen. Man filtrirt, erhält eine klare Flüssigkeit, und diese setzt beim Erkalten ein Pulver ab, welches nur in geringer Menge in kaltem, aber leicht in warmem Wasser löslich ist, sich mit Jod nicht färbt, und gelöst die Polarisationsebene nach links dreht. Das Inulin aus Topinambur unterscheidet sich dadurch, dass es im Wasser löslicher ist, als das andere. Es scheint in einem physiologischen Zusammenhange mit dem Rohrzucker zu stehen. Wenn man im Herbste die Knollen des Topinambur aus der Erde nimmt, so enthalten sie verhältnissmässig wenig Zucker und grosse Mengen von Inulin, wenn man sie dagegen im Frühlinge aus der Erde nimmt, so enthalten sie viel weniger Inulin, dafür aber eine sehr grosse Menge von Zucker, und dieser Zucker ist nicht Traubenzucker, sondern Rohrzucker.

Es sind hier ferner die Gummiarten anzureihen. Wir theilen die Gummiarten, welche im Handel vorkommen, ein in solche, welche Arabin enthalten, und in solche, welche aus Bassorin bestehen. Die ersteren sind die, welche mit Wasser klare Lösungen bilden, die andern diejenigen, welche im Wasser nur zu einem Schleime aufquellen. Man bezeichnet auch die ersteren Gummiarten als arabischen Gummi, die anderen als Tragantgummi. Das Arabin kommt auch mit andern Substanzen verunreinigt in unserem gewöhnlichen einheimischen Kirschgummi vor. Es löst sich in Wasser zu einer klebrigen Flüssigkeit auf, dreht die Polarisationsebene nach links, und wird durch Alkohol und durch Eisessig aus seinen Lösungen ausgefällt. Sowohl das Arabin als das Bassorin dienen zwar nicht bei uns, aber in Afrika sehr häufig zur Nahrung. Auch in dem Zuckerwerk des Orients, welches bis hieher verführt und auch hier genossen wird, ist Arabin in beträchtlicher Menge enthalten.

Wir haben noch verschiedene Zuckerarten anzureihen, zunächst unseren gewöhnlichen Rohrzucker, oder wie man jetzt sagen sollte, Rübenzucker. Chemisch unterscheidet sich der Rohrzucker vom Rübenzucker nicht. Man gibt ihm die Formel $C_{12} H_{22} O_{11}$. Er krystallisirt in grossen und gut ausgebildeten Krystallen, dreht die Polarisationsebene nach rechts und unterscheidet sich vom Traubenzucker dadurch, dass er die gewöhnlichen Zuckerproben nicht gibt. Er bräunt sich nicht beim Kochen mit Kali, und er reducirt auch nicht direct Kupferoxyd, Wismuthoxyd u. s. w. in alkalischen Lösungen. Ferner ist er auch nicht direct gährungsfähig. Wir bringen ihn zwar vielfältig zum Vergähren, aber dann muss er vorher eine Veränderung eingehen, welche man mit dem Namen der Inversion bezeichnet. Er zerfällt nämlich vorher in zwei Zucker, in einen

rechtsdrehenden, den gewöhnlichen Traubenzucker, und einen linksdrehenden unkrystallisirbaren Zucker, welchen wir mit dem Namen des Fruchtzuckers bezeichnen, weil er in den süsssauren Früchten vorkommt. Diese Inversion können wir immer rasch eintreten lassen dadurch, dass wir den Rohrzucker mit einer verdünnten Säure erwärmen. Dann entstehen die beiden erwähnten Zucker, der Traubenzucker und der Fruchtzucker, und da beide sich mit Kali bräunen, da beide die Trommer'sche und die Böttger'sche Zuckerprobe geben, so hat man hierin ein Mittel, um auch den Rohrzucker in Flüssigkeiten mittelst dieser Proben nachzuweisen. Man überzeugt sich zunächst, dass die Lösung nicht direct reducirt, dann setzt man zu einer neuen Probe etwas Salzsäure und erwärmt. Dann übersättigt man wieder mit Kali und stellt die Zuckerproben an: tritt nun Reduction ein, so kann man, wenn die Gegenwart anderer durch die verdünnte Säure leicht zersetzbarer Körper, von denen eine reducirende Substanz abgespaltet werden könnte, ausgeschlossen ist, auf Rohrzucker schliessen.

Wenn der Rohrzucker vergähren soll, so muss er, wie gesagt, sich vorher in rechtsdrehenden Traubenzucker und in linksdrehenden Fruchtzucker spalten, und diese vergähren dann beide nach einander. Der Stärkezucker gährt aber viel leichter als der Fruchtzucker, und daher geschieht es, dass zuerst während der Gährung, wenn man Proben herausnimmt und im Polarisationsapparate untersucht, die Drehung immer weiter nach links geht: dann aber erreicht die Linksdrehung ihr Maximum, sie fängt an langsam zurückzugehen, und kommt endlich wieder auf Null zurück. Der Zeitpunkt, wo sie das Maximum erreicht hat, war derjenige, in welchem der rechtsdrehende Traubenzucker in Alkohol und Kohlensäure zerfallen war, der Fruchtzucker aber noch nicht vergohren war: dann kommt der Fruchtzucker an die Reihe, und wenn auch dieser ganz zerfallen ist, dann ist das Drehungsvermögen der Flüssigkeit Null, und die Gährung ist beendigt.

Wir haben endlich ausser diesen Zuckern, welche wir bis jetzt kennen gelernt haben, noch des Milchzuckers zu erwähnen, der heutzutage in den Sennereien der Schweiz fabriksmässig gewonnen wird. Man gibt ihm die Formel $C_{12}\ H_{21}\ O_{12}$. Er krystallisirt, dreht die Polarisationsebene nach rechts, er gibt die Zuckerproben, er ist direct gährungsfähig. Dies sind alles Eigenschaften, welche er mit dem Traubenzucker gemein hat, und in der That ist es unmöglich, ihn in Lösungen vom Traubenzucker zu unterscheiden. Hat man ihn aber zum Krystallisiren gebracht, so unterscheidet er sich dadurch, dass er sowohl in Wasser als besonders in Alkohol schwerer löslich ist als der Traubenzucker.

Ausser diesen Zuckern ist als Bestandtheil unserer Nahrung noch ein zuckerähnlicher Körper zu erwähnen, ein süssschmeckendes Kohlehydrat, welches von Scherer im Muskelfleische entdeckt worden ist und den Namen Inosit führt. Der Inosit, der identisch ist mit dem in den grünen Bohnen (Phaseolus vulgaris) vorkommenden Phaseomannit, hat mit den Zuckern gemein, dass er ein Kohlehydrat ist, dass er süss schmeckt, dass er fähig ist, die Milchsäuregährung einzugehen. Er unterscheidet sich aber von ihnen dadurch, dass er weder direct noch indirect die Alkoholgährung eingeht, dass er sich beim Kochen mit Kali nicht bräunt, und dass er weder die Trommer'sche noch die Böttger'sche

Zuckerprobe gibt. Es gibt aber für ihn eine andere charakteristische Reaction. Man nimmt eine kleine Portion vorher möglichst gereinigten Inosits, dampft sie mit etwas Salpetersäure befeuchtet auf einem Platinbleche oder in einer Porcellanschale ein, befeuchtet dann den Rückstand mit Chlorcalcium und Ammoniak und verdampft wieder; dann tritt beim Erwärmen eine rosenrothe Färbung ein. Dieselbe hält aber nur so lange an, als die Probe trocken gehalten wird. Die Farbe verschwindet an feuchter Luft, indem durch das Chlorcalcium Wasser angezogen wird, und man muss die Probe, wenn man sie längere Zeit erhalten will, in einen Trockenraum bringen, oder in einem gewärmten Raume aufbewahren.

Das sind die hauptsächlichsten der Kohlehydrate, welche Bestandtheile unserer Nahrung ausmachen. An sie schliesst sich noch das Pectin an. Das Pectin kommt in den sauren Früchten fertig gebildet vor, und auf dem Gehalte an Pectin beruht es, dass der Saft dieser sauren Früchte, wenn er eingekocht wird, gelatinirt. Ausserdem wird das Pectin aber auch in der Küche erzeugt. Es findet sich in den unreifen Früchten eine schwerlösliche Substanz, welcher man den Namen Pectose gegeben hat. Diese Pectose kommt ausserdem in vielen Wurzeln vor, in den Möhren u. s. w. Wenn man dieselbe längere Zeit, oder mit Zusatz von Säuren kürzere Zeit, kocht, geht sie in das lösliche Pectin über. Man nimmt an, dass beim Reifen der Früchte das Pectin, welches später in ihnen enthalten ist, sich langsam unter dem Einflusse der Säure und eines Fermentes aus der unlöslichen Pectose bildet. Das Pectin ist kein Kohlehydrat, man gibt ihm die Formel $C_{32} H_{48} O_{32}$.

Die Fette.

Die zweite Gruppe unserer Nahrungsmittel ist die Gruppe der Fette. Es dienen uns im Allgemeinen alle neutralen Glycerinfette zur Nahrung, deren Schmelzungspunkt derart ist, dass sie in unserem Darmkanale in den flüssigen Zustand übergehen. Das ist der wesentliche Punkt: sie müssen im Magen und im Darmkanale schmelzen, damit sie in Emulsion übergehen und resorbirt werden können; denn wir werden später sehen, dass die Fette im emulgirten Zustande resorbirt werden.

Die Eiweisskörper.

Unter den stickstoffhaltigen Nahrungsmitteln treten uns in erster Reihe als die wichtigsten entgegen die Eiweisskörper, und zwar nicht nur die Eiweisskörper des Thierreichs, welche wir schon zum Theile kennen gelernt haben, sondern auch die Eiweisskörper des Pflanzenreichs. Die Pflanzen enthalten ein natives Eiweiss, welches dem im Thierkörper ganz ähnlich zu sein scheint, und welches man als lösliches Pflanzeneiweiss bezeichnet; sie enthalten auch einen freiwillig gerinnenden Eiweisskörper. Im ausgepressten Pflanzensafte sieht man häufig ein grünlich gefärbtes Coagulum sich abscheiden, das aus einem Eiweisskörper besteht, der freiwillig geronnen ist, und der die Chlorophyllkörner in ähnlicher Weise eingeschlossen hat, wie beim Gerinnen des Blutes das Fibrin die Blutkörperchen einschliesst. Indem wir gewohnt sind, im Thierreiche die

freiwillig gerinnenden Eiweisskörper mit dem Namen Fibrin zu bezeichnen, sowohl den freiwillig gerinnenden Eiweisskörper im Blute als auch den in den Muskeln; so können wir auch diesen freiwillig gerinnenden Eiweisskörper mit dem Namen des Pflanzenfibrins belegen. Ausserdem existiren aber in den Pflanzen noch andere Eiweisskörper, so der Kleber in den Cerealien, und in grösster Menge im Weizen. Wenn Sie Weizenmehl in ein Tuch binden und unter Wasser auskneten, so drücken Sie nach und nach alles Amylum durch die Zwischenräume des Tuches aus, und in dem Tuche bleibt eine überaus zähe Masse, die sich in ganz dünne Schichten ausziehen lässt. Dies ist der rohe Kleber, welcher noch mehr oder weniger Amylumkörner eingeschlossen enthält, und welcher mit heissem Weingeist extrahirt, an denselben noch stickstoffhaltige Substanzen abgibt, eine, die sich beim Erkalten des Weingeistes ausscheidet, und welche wir mit dem Namen Pflanzenkasein bezeichnen, und eine, welche beim Abdampfen der abfiltrirten kalten alkoholischen Lösung zurückbleibt, und welche man mit dem Namen Glutin belegt hat. Man hat den Kleber, Gluten, auch mit dem Namen des Pflanzenfibrins belegt, aber mit Unrecht: denn wir kennen keine grössere Analogie zwischen dem Kleber und dem Fibrin, als dass der Kleber mit dem Fibrin die procentische Zusammensetzung und die allgemeinen Reactionen der Eiweisskörper theilt. Unter der Oberfläche, der Epidermis, des Korns kommt eine Schicht von Zellen vor mit gelblichen Körnchen darin, welche man früher mit dem Namen der Kleberzellen bezeichnet hat, weil man glaubte, die gelblichen Körnchen seien der Kleber. Prof. Schenk hat aber nachgewiesen, dass dies kein Kleber und überhaupt kein Eiweisskörper ist, dass der Kleber vielmehr in der ganzen Masse des inneren Kornes, des Endosperms, verbreitet ist, im Allgemeinen — nach der Millon'schen Reaction, die indessen auch das Pflanzeneiweiss gibt — in den peripherischen Partien reichlicher als in den centralen. Der Kleber hat die Eigenschaft, Wasser zu binden, und sich damit in eine zähe Masse zu verwandeln, und dies ist eine Eigenschaft, welche ihn für uns besonders werthvoll macht: sie bewirkt, dass der Teig, welchen wir aus dem Mehle bereiten, zähe wird. Das blosse Amylum mit Wasser angerührt gibt keine zähe, sondern eine zerreissliche Masse. Beim Brodbacken wird bekanntlich in dem Brodteige Kohlensäure erzeugt, welche das Brod porös macht. Je kleberreicher nun das Mehl ist, um so schwerer zerreisslich ist der Teig, um so poröser kann also das Brod werden; je kleberärmer der Teig ist, um so leichter können die Gasblasen entweichen, um so fester und schwerer verdaulich wird das Brod. Wenn man daher Surrogate für unser gewöhnliches Mehl nimmt, Kartoffel-, Erbsenmehl u. s. w., so muss man immer Weizenmehl zusetzen, um ein brauchbares Brod zu backen.

Ein anderer Eiweisskörper ist in grosser Menge in den Erbsen, Bohnen und Linsen enthalten, und macht eben die Samen dieser Leguminosen zu den stickstoffhaltigsten pflanzlichen Nahrungsmitteln, und somit zu denjenigen, welche die thierische Nahrung am besten zu vertreten im Stande sind. Er ist hier gemengt mit Amylum in allen Zellen eingelagert. Wenn Sie Erbsen-, Linsen- oder Bohnenmehl mit Wasser versetzen, und damit, am besten an einem warmen Orte, eine Zeitlang stehen lassen und dann filtriren, bekommen Sie ein sauer reagirendes Filtrat. Wenn Sie nun dazu noch einige Tropfen Essigsäure hinzusetzen,

entsteht ein reichlicher Niederschlag, der sich auf dem Filtrum sammeln lässt, und sich als aus einem Eiweisskörper, dem **Legumin**, bestehend erweist. Er besitzt die procentische Zusammensetzung und die allgemeinen Reactionen der Eiweisskörper, ist aber vielleicht ein Gemenge aus mehreren verschiedenen Substanzen.

Verwendung der Nahrungsmittel im Körper.

Wir fragen uns nun nach den Verwendungen dieser verschiedenen Gruppen von Nahrungsmitteln. Was machen wir aus ihnen? Welchen Nutzen können sie uns bringen? Es ist zunächst klar, dass wir die Eiweisskörper brauchen, um auf Kosten derselben unseren Organismus aufzubauen, da ja die Hauptmasse der festen Theile unseres Organismus aus Eiweisskörpern besteht oder entsteht. Es ist klar, dass uns diese Eiweisskörper im kindlichen Alter am nothwendigsten sind, weil eben zu dieser Zeit der Körper wachsen soll, und zu keiner Zeit des Lebens rächt sich eine mangelhafte Zufuhr von Eiweisskörpern so schwer, als eben im kindlichen Alter. Aber auch im spätern Alter können wir die Eiweisskörper nicht entbehren, weil unser Lebensprocess, wie wir schon früher gesehen haben, einen nothwendigen Stickstoffumsatz mit sich bringt. Wenn wir uns stickstoffhaltige Nahrungsmittel entziehen, uns aber reichlich mit stickstofflosen ernähren, so hören dadurch die stickstoffhaltigen Ausscheidungen nicht auf. Der Harnstoff und die andern stickstoffhaltigen Bestandtheile des Harns sinken zwar in ihrer Ziffer, aber nur bis zu einem gewissen Grade: es wird binnen vierundzwanzig Stunden immer noch eine bestimmte Menge von Stickstoff ausgeführt; die Individuen magern ab, sie können sich nicht im Stickstoffgleichgewichte erhalten, auch dann nicht, wenn ihnen eine Menge von Eiweisskörpern zugeführt wird, welche so viel Stickstoff enthält, als sie im Minimum, das heisst bei reichlicher aber stickstofffreier Kost, Stickstoff ausscheiden. **Pettenkofer** und **Voit** gelang es, wie wir oben gesehen haben, erst, ihren Versuchshund im Gleichgewichte, im Beharrungszustande, in dem er weder an Gewicht zu- noch an Gewicht abnahm, zu erhalten, wenn die Menge der zugeführten Eiweisskörper $2\frac{1}{2}$mal so viel Stickstoff enthielt, als im Minimum von ihm ausgeschieden wurde.

Arbeiten wir auch auf Kosten der stickstoffhaltigen Nahrungsmittel, auf Kosten der Eiweisskörper? Es ist zunächst leicht einzusehen, dass wir nicht ausschliesslich auf Kosten der stickstoffhaltigen Nahrungsmittel arbeiten können. Wenn man die in vierundzwanzig Stunden geleistete Arbeitsgrösse mancher Menschen und mancher Thiere evaluirt, wobei natürlich auch der Arbeit des Herzens und der Athemmuskeln nicht vergessen werden darf, und sie in Wärme umrechnet, und damit die Verbrennungswärme vergleicht, welche die Eiweisskörper, die sie binnen vierundzwanzig Stunden zu sich nehmen, geben würden, so zeigt es sich in vielen Fällen, dass die Verbrennungswärme der genossenen Eiweisskörper nur ein kleiner Bruchtheil ist von derjenigen, welche das Aequivalent der factischen Arbeitsleistung des Individuums ist. **Pettenkofer** und **Voit** sind aber durch ihre Untersuchungen sogar zu dem Resultate gekommen, dass die Eiweisskörper sich direct an der Erzeugung von Arbeit kaum betheiligen. Sie haben gefunden, dass die Stickstoffausscheidungen sich

fast gar nicht verändern, gleichviel ob das Individuum, das untersucht wird, arbeitet oder ob es in Ruhe ist. Und dieses Resultat ist später von Fick bestätigt worden, der mit einem Freunde zusammen das Faulhorn bestieg, und nun die Stickstoffausscheidungen bei einem solchen Marsche, und andererseits die Stickstoffausscheidungen in der Ruhe untersuchte. Es ist zwar ursprünglich bei den Versuchen von Pettenkofer und Voit nur der Harnstoff berücksichtigt worden, aber einerseits bildet der Harnstoff die Hauptmasse der stickstoffhaltigen Substanzen, welche ausgeschieden werden, und andererseits hat es sich bei späteren Versuchen gezeigt, dass wirklich, wenn man auch die stickstoffhaltigen Substanzen im Allgemeinen berücksichtigt, doch eine verhältnissmässig geringe Aenderung durch die Arbeit eintritt. Es ist dem freilich in neuerer Zeit widersprochen worden, und wesentlich auf Grund von ein paar Wetten, welche in England angestellt worden sind, Wetten, in Folge derer grosse Märsche innerhalb einer gegebenen Zeit gemacht wurden, und wo dann zugleich die Stickstoffausscheidungen untersucht und vermehrt gefunden worden sind. Ich glaube aber nicht, dass diese Wetten etwas beweisen. Sie wurden beide verloren, und höchst wahrscheinlich war Ueberanstrengung eingetreten. Die eine Wette ist folgende: Ein Herr W. hatte gewettet, 400 englische Meilen in fünf Tagen zu gehen. Er ging nur $317\frac{1}{2}$ Meilen. Er gab an den fünf Gehtagen und den fünf späteren Tagen 722 bis 727 Grains Stickstoff aus, während er bei derselben Diät sonst nur 628 Grains Stickstoff ausgab. In diesen zehn Tagen gab er 634 Grains Stickstoff mehr ab, als er einnahm, und verlor in den ersten fünf Tagen $3\frac{3}{4}$ Pfund an Gewicht. Es ist dies offenbar ein Versuch, der für die gewöhnliche Arbeitsleistung nicht herangezogen werden kann, denn es ist bekannt, dass nach grossen körperlichen Anstrengungen, nach Anstrengungen, die bis zur Erschöpfung gehen, febrile Erscheinungen auftreten, Vermehrung der Pulszahl, Erhöhung der Temperatur, Unruhe, Schlaflosigkeit und febriler Harn. Es ist also der Eiweisszerfall, wie er hier aufgetreten ist, auch wahrscheinlich als ein pathologischer zu betrachten. Nach Allem scheint es also festzustehen, dass die Arbeit direct nicht auf Kosten der Eiweisskörper, sondern auf Kosten der stickstofflosen Substanzen geleistet wird. Diese können Fette und können Kohlehydrate sein. Dafür, dass Fette direct bei der Arbeit verbraucht werden, haben wir keinen bestimmten Anhaltspunkt. Wir wissen im Gegentheile, dass gerade diejenigen Muskeln, welche vortrefflich, welche am besten arbeiten, die Herzmuskulatur und die Muskeln magerer, aber an Arbeit gewöhnter Individuen, wenig Fett enthalten. Wohl aber wissen wir mit Bestimmtheit, dass Kohlehydrate bei der Muskelcontraction verbraucht werden. Im Muskel ist Glycogen und ausserdem noch eine zuckerartige Substanz, Inosit, enthalten. Von diesem Glycogen in den Muskeln hat nun Nasse schon vor längerer Zeit nachgewiesen, dass es bei der Muskelcontraction verbraucht wird. Er hat die Muskeln der einen Seite tetanisirt und die der andern Seite nicht tetanisirt, und hat beide dann auf ihren Glycogengehalt untersucht: er hat immer gefunden, dass die nicht tetanisirten mehr Glycogen enthielten. Nasse hat damals das Glycogen nicht in Substanz bestimmen können, weil es dazu an einer hinreichend genauen Methode fehlte. Er hat deshalb das Glycogen erst in Zucker umgewandelt und hat es aus dem Zucker, den es ge-

geben, bestimmt. Sigmund Weiss hat aber hier im Laboratorium diese Versuche wiederholt und dabei das Glycogen direct gewogen und die Nasse'schen Resultate vollständig bestätigt. Wir wissen ferner aus den Untersuchungen von du Bois, dass bei der Muskelcontraction auch Milchsäure gebildet wird, sei es aus dem Inosit oder aus dem aus Glycogen gebildeten Zucker oder aus beiden. Er hat nachgewiesen, dass der an und für sich alkalisch reagirende Muskel durch eine Reihe von aufeinanderfolgenden Contractionen saure Reaction annimmt. Wir haben also hier zum ersten Male eine Einsicht in einen Theil des chemischen Processes, durch welchen die mechanische Kraft bei der Muskelarbeit aufgebracht wird. Dass ein chemischer Process stattfindet, hatte schon früher Helmholtz nachgewiesen, indem er tetanisirte und nicht tetanisirte Muskeln nach einander mit Wasser, Alkohol und Aether auszog und fand, dass in den tetanisirten Muskeln das wässerige Extract abgenommen, dagegen das Alkoholextract zugenommen hatte, was jetzt, wenigstens theilweise, auf die Umwandlung des Glycogens zurückgeführt werden muss. .

Aus dem Umstande nun, dass die Arbeit auf Kosten stickstoffloser Substanzen erzeugt wird, könnte man schliessen, dass ein Arbeiter, der nur so viel Eiweisskörper bekommt, als dazu gehören, einen ruhenden Menschen im Beharrungszustande zu erhalten, auch beliebig viel arbeiten könne, wenn man nur dafür sorgt, dass er mit stickstofflosen Nahrungsmitteln reichlich versehen ist. Das ist aber ein Irrthum. Die ausgedehntesten Erfahrungen sprechen dafür, dass der Arbeiter immer auch mehr Eiweisskörper in seiner Nahrung braucht, wenn er bei der Arbeit ausdauern soll, als ein ruhender Mensch. Die Erfahrungen sind zum grossen Theile sehr alt. Leute, welche sich sonst mit wenig Fleischnahrung, mit wenig stickstoffhaltiger Nahrung überhaupt, begnügt haben, so lange sie eben nicht viel zu arbeiten brauchten, haben zu allen Zeiten, wenn sie viel arbeiten sollten, eine stickstoffhaltigere Kost verlangt. Aehnliches zeigt sich bei Thieren. Den Arabern ist es seit längerer Zeit bekannt, dass sie, wenn sie Pferden ausserordentliche Leistungen zumuthen, ihnen eine stickstoffhaltigere Nahrung geben müssen, als sie ihnen sonst geben. So füttern sie Pferde, welche sie zur Straussenjagd gebrauchen, mit einer Art von Bohnen, die durch ihren Legumingehalt eine viel grössere Menge von Eiweisskörpern enthalten als die Gerste, die sonst im Oriente allgemein an die Pferde verfüttert wird. Ebenso wird von Reisenden erzählt, dass sie die Pferde mit Kameelmilch tränkten, wenn solche in hinreichender Menge vorhanden war. Auch an unseren einheimischen Pferden hat man ähnliche Erfahrungen gemacht. Es ist bekannt, dass ein sehr grosser Theil des Hafers und somit auch ein sehr grosser Theil der Stärke des Hafers ungenutzt durch den Körper des Pferdes hindurchgeht. Man ist deshalb auf die Idee gekommen, den Hafer zu Brod zu verbacken, um auf diese Weise die Stärke in Kleister und in Dextrin zu verwandeln und sie so der Verdauung leichter zugänglich zu machen. Man konnte dann mit weniger Hafer ausreichen, und es zeigte sich, dass man den Pferden am Quantum so viel abbrechen konnte, dass die Kosten des Backens gedeckt waren, und ausserdem noch ein Vortheil übrig blieb. Das ging alles ganz gut bei Luxuspferden, die nur hie und da zu kleinen Arbeitsleistungen verwendet wurden.. Als man diese Brodfütterung aber

auch mit Arbeitspferden anfing, zeigte es sich, dass sie weniger leisteten, dass sie bald in Schweiss geriethen, bald müde wurden. Die Pferde hatten offenbar nicht die hinreichende Menge von stickstoffhaltigen Substanzen bekommen, denn sie hatten an dem rohen Hafer die stickstoffhaltigen Substanzen leichter ausgenützt als die rohe Stärke und die Cellulose: indem sie nun aber die Stärke leichter ausnutzten, war ihnen von dem Gesammtquantum ein guter Theil abgebrochen, sie waren also mit einer geringeren Menge von stickstoffhaltigen Substanzen ernährt worden als früher, und das machte sich an ihrer geringeren Dauerhaftigkeit bemerkbar.

Ebenso hat Voit bei seinen Versuchen bemerkt, dass Hunde, welche er auf verschiedene Weise ernährte, nicht in gleicher Weise Neigung hatten, sich freiwillig zu bewegen. Diejenigen Hunde, welche er mit reichlicher stickstoffhaltiger Kost gefüttert hatte, bewegten sich viel mehr freiwillig, waren lebhafter und munterer als diejenigen, bei denen er einen grossen Theil der stickstoffhaltigen Nahrung durch Kohlehydrate und Fette ersetzt hatte.

Es knüpft sich hieran die Frage: Was hat man von der Lehre der sogenannten Vegetarianer zu halten, welche behaupten, dass der Mensch, um recht gesund zu werden, aufhören müsse, Fleisch zu essen. Man muss da zunächst zweierlei Arten von Vegetarianern unterscheiden, die reinen Vegetarianer, die wirklich nur Pflanzenkost zu sich nehmen, und diejenigen Vegetarianer, die nur kein Fleisch und keine Fleischbrühe nehmen, die aber Käse, Milch u. s. w. geniessen, kurz Alles, was dem Thierreiche entnommen ist, ohne dass die Thiere geschlachtet wurden. Bei der letzteren Art von Vegetarianern, kann man sich schon einige Zeit lang in die Kost geben. Wenn man Milch, Eier, Käse u. s. w. hat, so kann man damit in kurzem Wege eine hinreichende Menge von Stickstoffsubstanzen in den Organismus einführen. Anders verhält es sich aber mit den reinen Vegetarianern. Diesen kann man zu ihren guten Verdauungswerkzeugen gratuliren, wenn sie beim Essen von reiner Pflanzenkost so viel Stickstoffsubstanzen in sich hineinbringen, um sich im Stickstoffgleichgewicht zu erhalten. Das ist einfach eine Frage der Quantität, es handelt sich immer darum, ob das betreffende Individuum so viel essen kann, dass es sich im Stickstoffgleichgewicht erhält, und dabei noch arbeitet. Allgemein möchte ich diesen Vegetarismus nicht empfehlen, weil es doch Individuen gibt, welche nicht das hinreichende Quantum von solchen Nahrungsmitteln bewältigen und ausnützen können, und die deshalb zu Grunde gehen. Es ist erwiesen, dass unter den Wohlhabenden unseres Himmelsstriches im Allgemeinen Luxusconsumtion von Eiweisskörpern herrscht, aber dem Vegetarismus reden weder die Erfahrungen das Wort, welche wir an unserer einheimischen armen Bevölkerung machen, noch der physische Entwicklungsgang von Nationen, die wie die Hindu durch locale Anhäufung, zum Theil auch durch religiöse Vorurtheile, auf Pflanzenkost angewiesen waren.

Wir haben gesehen, dass wir die Eiweisskörper brauchen zum Aufbau unseres Organismus und zu seiner Erhaltung in seiner Masse und in seiner Leistungsfähigkeit. Wir wissen ferner, dass die Eiweisskörper die Hauptmasse derjenigen Apparate ausmachen, mit welchen wir arbeiten, nämlich der Muskeln. Wir haben aber nicht nachweisen können, dass aus den Eiweisskörpern bei deren Zersetzung direct Arbeit producirt wird. Dagegen

können wir nicht in Zweifel sein, dass bei der Zersetzung der Eiweisskörper Wärme producirt wird, und dass uns deshalb Eiweisskörper auch als sogenannte Respirationsmittel dienen. Es muss jedoch bemerkt werden, dass auch diejenigen Völker, welche ausschliesslich oder fast ausschliesslich auf thierische Nahrungsmittel angewiesen sind, nicht ganz auf Kosten der Eiweisskörper respiriren. Denn erstens enthält das Fleisch, wie wir gesehen haben, Kohlehydrate, Glycogen, beziehungsweise Zucker, der aus dem Glycogen entstanden ist, und Inosit, und ausserdem geniessen sie ja mit dem Fleisch immer eine grössere oder geringere Menge Fett. Es scheint sogar, dass die Ueberladung des Körpers mit Eiweisssubstanzen und die damit verbundene Production einer grossen Menge von stickstoffhaltigen Zersetzungsproducten nachtheilig sei, denn wir sehen bei den Völkern, die fast ausschliesslich auf thierische Nahrung angewiesen sind, dass sie immer sehr grosse Mengen von Fett, wie wir sie bei unserer gemischten Nahrung niemals in uns hineinbringen, verzehren, um neben ihren Eiweisssubstanzen auch ein stickstoffloses Respirationsmittel in grösserer Menge zu haben. Freilich liegt hiefür auch noch ein anderes Motiv vor. Diese Völker sind Völker kalter Zonen, und sie mögen auch deshalb die grosse Neigung zur Fettnahrung haben, weil das Fett wegen seiner hohen Verbrennungswärme und seines relativ leichten Zerfallens vor anderen Substanzen geeignet ist, Wärme für den thierischen Organismus zu produciren.

Die Eiweisskörper sind unsere wichtigsten stickstoffhaltigen Nahrungsmittel, aber nicht die einzigen. Abgesehen von anderen stickstoffhaltigen Substanzen, die nur als kleinere Bruchtheile in unsere Nahrung eingehen, geniessen wir Leim und leimgebende Gewebe und Chondrin in nicht unbeträchtlicher Menge. Das Chondrin, der sogenannte Knorpelleim, der aus dem wahren Knorpel und aus der Cornea durch Kochen gewonnen wird, wurde von Johannes Müller entdeckt und unterscheidet sich von dem gewöhnlichen Leime dadurch, dass er nicht von Sublimat, aber von den meisten Säuren gefällt wird.

Man ist zu verschiedenen Zeiten über den Werth des Leims als Nahrungsmittel sehr verschiedener Meinung gewesen. Es existirte ehemals für die Reconvalescenten ein eigenes Ernährungsmittel, das Hirschhorngelée, das aus zerraspelten Hirschgeweihen gekocht wurde. Da dasselbe ziemlich theuer zu stehen kam, war es nur den Wohlhabenden zugänglich. Es wurde mit Madeirawein, Rheinwein, französischem weissen Weine und andern guten Dingen gewürzt, und es ist, so viel man weiss, den Reconvalescenten gut bekommen, natürlich nur dann, wenn sie auch anderweitig gut zu essen bekamen. Als die Chemie weitere Fortschritte gemacht hatte, konnte man sich der Ueberzeugung nicht verschliessen, dass dieses Hirschhorngelée doch eigentlich eine sehr gemeine Substanz sei, nichts anderes als Tischlerleim, und man fühlte sich deshalb gedrungen, den Nährwerth des Leimes näher zu untersuchen; weil es vielleicht doch möglich war, die Wohlthaten des Hirschhorngelée's in anderer Gestalt auch der minder bemittelten Bevölkerung zugänglich zu machen. Die Versuche, die man an Thieren anstellte, fielen sehr wenig befriedigend aus. Die Thiere, die man ausschliesslich mit Leim fütterte, gingen sämmtlich unter den Erscheinungen der Inanition zu Grunde. Es will dies an und für sich nichts sagen, denn bei jeder chemisch einfachen

Nahrung gehen die Thiere durch Inanition zu Grunde, auch dann, wenn sie ausschliesslich mit Fibrin oder ausschliesslich mit Eiweiss gefüttert werden. Aber es zeigte sich, dass der Leim auch die Eiweisskörper in der Nahrung nicht zu ersetzen im Stande ist. Einige sprachen ihm sogar jeglichen Nährwerth ab. Hiermit ging man offenbar zu weit. Die Versuche von Voit haben gezeigt, dass der Leim in ähnlicher Weise als Brennmaterial verbraucht werden kann wie auch Kohlehydrate und Fette. Wenn man einem Hunde ausser dem Fleisch mit dem er gefüttert wird, noch Leim oder leimgebende Gewebe gibt, so kann man ihn mit weniger Fleisch erhalten, als wenn man ihn ausschliesslich mit Fleisch füttert. Zweifelhaft ist es, ob Leim im Körper noch zur Bildung von leimgebenden Geweben verwendet werden kann, und ob Chondrin, wenn es genossen wird, im Körper zur Bildung von chondringebenden Geweben verbraucht wird. Die leimgebenden Gewebe, welche wir geniessen, sind durch Kochen und Braten mehr oder wenig verändert und bereits auf dem Wege der Umwandlung in Leim begriffen. Wenn man leimgebende Gewebe kocht, so gehen sie nicht plötzlich, sondern allmälig in Leim über, die junger Thiere schneller, die alter langsamer. Wenn deshalb das Fleisch gekocht wird, so ist immer nur ein Theil der leimgebenden Gewebe in wirklichen Leim umgewandelt, und dieser ist in die Brühe übergegangen: ein anderer Theil der leimgebenden Gewebe existirt noch im Fleische als eine mehr oder weniger gequollene, mehr oder weniger gelatinöse Masse, je nach dem Grade der Veränderung, welche er bereits durch das Kochen erlitten hat. Je weiter diese Veränderung vorgeschritten ist, um so leichter unterliegt das leimgebende Gewebe im Magen und Darmkanal der Auflösung und Resorption.

Welche Bedeutung haben die Kohlehydrate für uns als Nahrungsmittel? Es unterliegt keinem Zweifel, dass sie im Körper verbrannt, oxydirt werden, in Wasser und in Kohlensäure zerfallen und dabei Wärme bilden. Ausserdem haben wir gesehen, dass sie eine wesentliche Rolle bei der Production von Arbeit spielen, insofern das Glycogen in den Muskeln während der Muskelcontraction und durch die Muskelcontraction in Zucker und dann in Milchsäure übergeht. Es ist indessen noch keineswegs bewiesen, dass Kohlehydrate, die wir zu uns nehmen, als solche bei der Muskelcontraction verbraucht werden, nicht einmal, dass die Kohlehydrate in den Muskeln von den Kohlehydraten der Nahrung abstammen. Wir wissen von den letzteren mit Bestimmtheit nur, dass sie verbrannt werden, aber sie haben eben einen hohen Werth dadurch, dass sie vorzugsweise und mit Leichtigkeit der Zersetzung unterliegen, so dass dadurch andere Substanzen, die als bleibende Bestandtheile des Körpers einen Werth haben, geschont, vor der Verbrennung geschützt werden, indem der Sauerstoff sich zunächst mit den Kohlehydraten oder ihren Zersetzungsproducten verbindet. Dass dem wirklich so sei, das wird dadurch nachgewiesen, dass, wenn ein Thier mit Kohlehydraten reichlich gefüttert wird, es zunächst ausschliesslich oder nahezu ausschliesslich auf Kosten der Kohlehydrate respirirt. Dass dies der Fall sei, kann man durch die Untersuchung seiner gasförmigen Ausscheidungen und seiner gasförmigen Einnahmen erfahren. Die Kohlensäure, welche wir ausathmen, muss gebildet werden mit Hilfe des Sauerstoffs, den wir einathmen. Wenn sich nun der Sauerstoff, den wir einathmen, ausschliess-

lich mit Kohlenstoff verbindet, so wird die Menge des Sauerstoffs in der ausgeathmeten Kohlensäure eben so gross sein, wie die ganze Menge des in derselben Zeit verbrauchten Sauerstoffs, mit andern Worten es wird aller eingeathmete Sauerstoff wiederum in der Kohlensäure als Exspirationsproduct erscheinen. Das ist aber nur möglich, wenn Kohlehydrate oxydirt werden; denn nur diese können, indem sie Sauerstoff aufnehmen und ihren Kohlenstoff oxydiren, in Kohlensäure und Wasser zerfallen. Werden dagegen Fette oder Eiweisskörper oxydirt, so muss immer noch eine Quantität Sauerstoff verbraucht werden, um sich mit Wasserstoff zu Wasser, bei den Eiweisskörpern auch mit Schwefel zu Schwefelsäure zu verbinden. Wenn also der ganze inspirirte Sauerstoff in der exspirirten Kohlensäure erscheint, so haben wir ein Recht zu sagen, dass das Individuum jetzt auf Kosten der Kohlehydrate, mit denen es gefüttert wurde, respirirt und nicht auf Kosten der Substanzen seines eigenen Körpers.

Bildet sich aus den Kohlehydraten noch irgend etwas Anderes? Auf die Idee, dass sich Eiweisskörper daraus bilden, ist man niemals verfallen; es ist das auch viel zu unwahrscheinlich: wohl aber hat man lange Zeit geglaubt, dass sich auf Kosten der Kohlehydrate im Organismus Fett bilde. Es schien dies auf den ersten Anblick wahrscheinlich dadurch, dass die hauptsächlichsten Mastmittel mehlreiche, also amylumreiche Substanzen sind. Es entspann sich über diese Fettbildungsfrage ein lebhafter Streit zwischen Liebig einerseits, und Boussingault andererseits. Boussingault vertheidigte die Ansicht, dass alles Fett, welches im Körper abgelagert wird, als solches eingeführt werde, während Liebig die Ansicht vertheidigte, es werde nur ein Theil des Fettes als solches eingeführt, ein anderer Theil bilde sich aus dem in den Körper eingeführten Amylum, beziehungsweise aus Zucker. Boussingault berief sich darauf, dass, wenn man Enten mit Reis stopft, sie dabei mager bleiben, dass sie aber, wenn man dem Reis regelmässig eine geringe Menge Butter zusetzt, in kurzer Zeit sehr fett werden. Er schloss also: Das Amylum ist es nicht, welches in den meisten Mastmitteln mästet, sondern das Fett, welches darin neben dem Amylum enthalten ist. Er machte ferner Versuche an seinen Milchkühen und wollte gefunden haben, dass sie im Futter so viel Fett einnehmen, als sie in der Milch wieder ausgeben. Liebig wies ihm aber nach, dass er hiebei Bestandtheile der Chlorophyllkörner als Fett mitgerechnet hatte, welche unresorbirt durch den Darmkanal hindurchgehen. Wenn diese, wie es geschehen musste, in Abschlag kamen, blieb nun im Futter nicht mehr so viel Fett, als die Kühe, welche sich im Beharrungszustande befanden, nicht abnahmen und nicht zunahmen, in der Milch ausgegeben hatten.

Es kamen noch andere Beobachtungen der Theorie von Liebig zu Hilfe. Der berühmte Bienenwirth Huber fand, dass die Bienen noch längere Zeit Wachs bilden, wenn man sie auch nur mit reinem Zucker füttert, und dass auch im Honig, den sie in einer gegebenen Zeit verzehrten, nicht so viel Fett enthalten war, als sie in Gestalt von Wachs während derselben Zeit von sich gaben. So geschah es, dass die Ansicht von Liebig eine Zeitlang von den meisten Gelehrten, sowohl Chemikern als Physiologen, angenommen wurde. Man konnte sich aber der Ansicht nicht verschliessen, dass bei diesem ganzen Streite die Eiweisskörper in

einer auffallenden Weise vernachlässigt worden seien. Man hatte die Möglichkeit, dass sich auch aus den Eiweisskörpern Fett bilden könne, nicht hinreichend berücksichtigt, und war so über eine mögliche Quelle des Fettes ohne nähere Untersuchung hinweggegangen. Es lagen aber allerdings schon damals gewisse Thatsachen vor, welche es nicht unwahrscheinlich machten, dass sich aus Eiweisskörpern Fette bilden können, wenn dies auch nicht von Allen zugegeben wurde. Man hatte im vorigen Jahrhundert in Paris einen Friedhof für arme Leute eingerichtet, in welchem in den einzelnen Gräbern die Leichen in ungewöhnlicher Menge übereinandergesetzt worden waren. Nachdem der Kirchhof längere Zeit benutzt worden, brach in einer anstossenden Strasse eine Epidemie aus. Man schrieb dies der Nachbarschaft des Friedhofes zu, und derselbe musste geräumt werden. Dabei fand man zu seinem Erstaunen eine grosse Menge von Leichen mumificirt und in ihrer Form ziemlich erhalten, und als man die Substanz dieser Leichen näher untersuchte, fand Fourcroix, dass ihre Hauptmasse aus einer fettartigen Substanz bestehe, welche er mit dem Namen Adipocire belegte, und die man später in Deutschland Leichenfett nannte. Als Chevreul seine berühmte Arbeit über den Verseifungsprocess und über die Chemie der Fette überhaupt gemacht hatte, untersuchte er auch dieses Adipocire. Er kam zu dem Resultate, dass dasselbe ein Gemenge von Seifen mit verschiedenen Basen sei, namentlich Kalk, und dass das Material zu denselben von dem Fette der Individuen herrühre, welche dort beerdigt worden waren, während andererseits die stickstoffhaltigen Substanzen grösstentheils durch die Fäulniss zerstört worden seien. Immerhin blieb es auffallend, so grosse Mengen dieser Substanz an Leichen von Individuen zu finden, die doch wahrscheinlich nicht gerade besonders fett gewesen waren. Später haben sich anderswo ähnliche Fälle ereignet, darunter einer in Königsberg. Ich habe noch ein Stück Leichenfett in die Hände bekommen, welches sich dort gebildet hatte. Es schien der Form nach von einem Muskel herzurühren, so dass es nicht recht wahrscheinlich war, dass dies Adipocire aus dem eigenen ursprünglichen Fette der Leiche hervorgegangen sei, dass es vielmehr dem Ansehen nach wahrscheinlicher erscheinen musste, dass es wirklich, wie man in Paris anfangs geglaubt hatte, durch Zersetzung der Eiweisskörper und Bildung von Fett aus denselben entstanden sei. Man hat auch mehrmals in Macerirtrögen ähnliche Stücke gefunden, jedoch ohne dass es jemals gelungen wäre, den entscheidenden Beweis zu führen, dass hier Fett auf Kosten von Eiweisskörpern entstanden war.

Ein anderer in ähnlicher Weise zweifelhafter Process ist das Reifen der Käse. Es wurden in den Käsekellern zu Rochefort Untersuchungen über das Reifen der Käse angestellt, und Blondeau wollte gefunden haben, dass unter dem Einflusse von Penicillium glaucum, welches in den Käsen vegetirt, das Casein in Fett, in Ammoniak und andere stickstoffhaltige Substanzen, die im Käse enthalten sind, zerfalle. Es ist diese Angabe von Andern, die auch reifende Käse untersucht haben, bestritten worden; so dass man auch hier zu keinem bestimmten Resultate gekommen ist.

Schon vor einer Reihe von Jahren stellte Hoppe-Seyler Fütterungsversuche an Thieren an, die es einigermassen wahrscheinlich machten,

dass sich bei ihnen aus Eiweisskörpern Fett bilde. Die Herstellung des Beweises hiefür ist aber erst durch die Respirationsversuche von Pettenkofer und Voit gelungen. Diese haben gefunden, dass, wenn man Hunde mit Fleisch reichlich füttert, über ihren Bedarf füttert, dann, wenn schon aller Stickstoff der Nahrung wieder in den Ausscheidungen erscheint, eine bedeutende Menge Kohlenstoff im Körper zurückbleibt. Es muss also eine kohlenstoffhaltige und stickstofflose Substanz im Körper zurückbleiben, und diese kann in Rücksicht auf die bedeutende Menge des in den Ausscheidungen fehlenden Kohlenstoffes nichts anderes sein als Fett. Dieses Fett muss auf Kosten von Eiweisskörpern gebildet worden sein. Indem nun der Beweis einmal hergestellt ist, dass im Körper aus den Eiweisssubstanzen sich Fett bilden könne, verliert damit die Liebig'sche Fettbildungstheorie aus Kohlehydraten vollständig ihren Boden, denn jetzt lassen sich alle Erscheinungen so erklären, dass die Kohlehydrate verrespirirt, und dadurch die im Körper aus Eiweisssubstanzen gebildeten Fette geschont werden. Die Thiere konnten im Fleische unverändert bleiben, wenn auch fortwährend in ihrem Körper Eiweisssubstanzen so zerfielen, dass einerseits stickstoffhaltige Harnbestandtheile gebildet wurden, und andererseits Fett. Die Menge der so zerfallenden Eiweisskörper musste nur die Menge der eingeführten nicht übersteigen. Das so gebildete Fett konnte mit dem eingeführten in die Milch übergehen, und somit das täglich in dieser ausgeführte Fett die Fetteinfuhr übersteigen. Die Bienen Huber's konnten eine Zeitlang Wachs bilden, wenn sie auch nur mit Zucker gefüttert wurden, indem sie den in ihrem Körper vorhandenen Vorrath von Fetten und Eiweisssubstanzen theilweise verbrauchten. Wenn sie mit Honig gefüttert wurden, konnten sie dauernd mehr Wachs bilden, als dem Fettgehalte des Honigs entsprach, indem in letzterem auch stickstoffhaltige Substanzen enthalten sind, vermöge welcher sie sich im Beharrungszustande erhalten konnten, auch wenn in ihrem Körper fortwährend ein gewisses Quantum von Eiweisskörpern behufs der Wachsbildung zerfiel. Wenn wir den Process der Mast betrachten, so gibt uns der von Boussingault mit Enten angestellte Versuch den Schlüssel zur richtigen Auffassung desselben. Die Enten waren mager geblieben, so lange sie nur mit Kohlehydraten gefüttert wurden; sie waren aber fett geworden, so wie sie ausser Reis auch Fett bekamen. Mastmittel enthalten Kohlehydrate, Eiweisskörper und Fette; die Eiweisskörper und die Fette können zur Substanzbildung verwendet werden, die Kohlehydrate werden verrespirirt, und sie sind deshalb Mastmittel, weil sie es ermöglichen, dass das Fett abgelagert wird: denn, wenn sie nicht eingeführt wären, hätte das Fett der Oxydation unterliegen müssen. Die Erfahrungen aller Viehzüchter haben auch gezeigt, dass eine schnelle Mast nur erzielt werden kann, wenn man fettreiches Körnerfutter, wie z. B. Mais, dazu verbraucht, welcher auch vielfältig dazu verwendet wird und etwa 5%, ja angeblich bisweilen bis 9% Fett enthält, oder indem man zu den Mastmitteln fettreiche Substanzen, wie Milch, Oelkuchen u. dgl. hinzusetzt. Es liegt also bis jetzt keine einzige Thatsache vor, die uns zu der Annahme zwingen würde, dass im Organismus aus den Kohlehydraten Fette gebildet würden. A priori ist dies im höchsten Grade unwahrscheinlich. Man hat sich darauf gestützt, dass bei der Gährung der Kohlehydrate

sich Buttersäure bilden kann. Nun ist aber die Buttersäure eine Fettsäure von verhältnissmässig niederem Atomgewicht, die schon durch den Zerfall der Kohlehydrate entstehen kann. Wenn man aber denkt, dass sich im Organismus die Atomcomplexe von Stearin und Olein aus Stärke, Dextrin oder Zucker aufbauen sollen, so ist das etwas, was dem allgemeinen Gange der Erscheinungen im Organismus zuwiderläuft.

Zusammengesetzte Nahrungsmittel.

Die Milch und die Milchdrüse.

Wir haben uns eine Uebersicht verschafft über die Verwerthung der drei Hauptarten von Nahrungsmitteln, und wir wollen jetzt übergehen zu den zusammengesetzten Nahrungsmitteln und zwar zunächst zur Milch. Die Milch ist eine Emulsion, welche gebildet wird aus einer Flüssigkeit, welche Salze, ausserdem zwei Eiweisskörper und ein Kohlehydrat, Milchzucker, enthält, und in welche ein zusammengesetztes Fett, das Butterfett, emulgirt ist. Ehe wir zur Betrachtung dieser einzelnen Substanzen übergehen, müssen wir uns mit dem Baue der Milchdrüse näher bekannt machen.

Die Milchdrüse zeigt sich in ihrer ersten Anlage schon im vierten Monate des intrauterinen Lebens. Sie stellt zuerst eine kaum merkliche Erhabenheit mit einer Grube in der Mitte dar, und von dieser Grube gehen später blindendigende Gänge nach den Seiten hin aus: sie sind die erste Anlage der Ausführungsgänge der Milchdrüse. Sie münden also anfangs in ein gemeinsames Receptaculum. Später erhöht sich die Stelle, an welcher die Grube war, und die Gänge münden nun einzeln aus, während die erhöhte Stelle zur Brustwarze wird. Im sechsten Monate fand Langer, dem wir in der Beschreibung der Milchdrüse folgen, schon Theilungen, die sich später weiter dichotomisch fortsetzen, so dass ein System von dendritisch verzweigten Schläuchen mit kolbenförmigen Endigungen entsteht. In dieser Weise entwickelt sich die Drüse bei beiden Geschlechtern fort bis zur Zeit der Pubertätsentwickelung; dann bleibt sie beim Knaben stehen oder geht etwas zurück, während sie sich beim Mädchen weiter entwickelt und zwar in zweierlei Weise. Erstens entwickelt sich zwischen den Gängen eine grosse Menge von succulentem Bindegewebe, durch welches die Mamma bedeutend an Volum zunimmt, und zweitens entwickeln sich die Drüsengänge selbst weiter und bilden nun an ihren Enden zahlreiche kolbenförmige Acini. In diesem Zustande verbleibt die Drüse bis zur Schwangerschaft. Während der Schwangerschaft tritt aber eine ausserordentliche Entwickelung der eigentlichen Drüsensubstanz ein, indem überall Acini entstehen, nicht allein an den Enden, sondern auch seitlich aufsitzend an den Gängen; so dass das Ganze in eine mächtige traubige Drüse umgewandelt wird. Diese neugebildeten Acini sind mit einem Epithel oder Enchym ausgekleidet, in dessen Zellen sich zahlreiche Fetttröpfchen absetzen, und gegen Ende der Schwangerschaft werden diese Fetttröpfchen in die Höhle des Acinus hineingestossen, indem zugleich in dieselbe eine

Flüssigkeit hineinsecernirt wird. Es werden aber nicht allein die Fetttröpfchen aus dem Protoplasma der Zellen ausgestossen, sondern es lösen sich anfangs auch ganze Zellen vom Epithelium ab, und gelangen in das Innere des Acinus hinein, grosse, nackte Zellen, welche voll mit kleinen Fettkörnchen angefüllt sind, und auf dem geheizten Objecttische amöboide Bewegungen zeigen. Diese grossen Zellen, welche sich vom Epithel ablösen und mit Fetttröpfchen angefüllt sind, heissen Colostrumkörper oder Colostrumkugeln. Sie werden namentlich in den ersten Tagen nach der Geburt ausgestossen, später wird ihre Zahl immer geringer, so dass sie nur noch selten und vereinzelt erscheinen. Es wird dann nur noch eine Flüssigkeit secernirt, in der zahlreiche Fetttröpfchen schwimmen, die von dem Protoplasma der Enchymzellen der Acini ausgestossen worden sind. Diese Flüssigkeit mit den darin schwimmenden Fetttröpfchen ist die Milch.

Dieser Zustand bleibt im Wesentlichen unverändert, so lange die Milchdrüse zum Säugen verwendet wird. Wenn dies aber nicht mehr geschieht — gleichviel ob die Milchsecretion immer schwächer und schwächer wird und endlich von selbst aufhört, oder ob sie dadurch, dass das Kind nicht mehr angelegt wird, zum Stehen gebracht wird — dann geht die Drüse einen Involutionsprocess ein, in welchem die neugebildeten Acini wieder verschwinden, und die eigentliche Drüsensubstanz bedeutend an Volum abnimmt, indem sie der Hauptsache nach auf die schon früher gebildeten Gänge reducirt wird. Wenn eine neue Schwangerschaft eintritt, so tritt während derselben wiederum dieselbe progressive Metamorphose wie während der ersten Schwangerschaft ein. Es wird wieder eine grosse

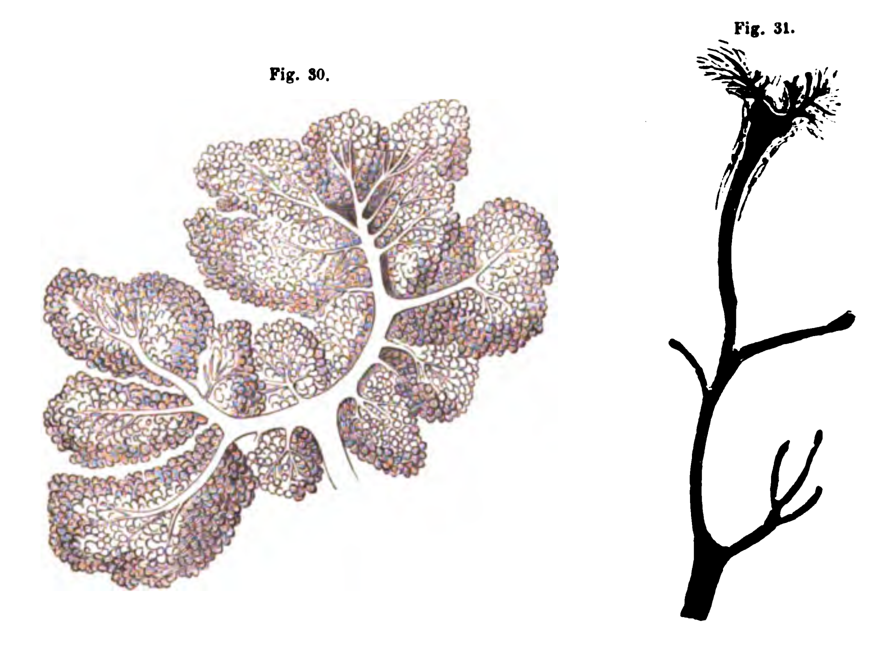


Fig. 30.

Fig. 31.

Menge von Acinis gebildet u. s. w. Diese Wechsel können eintreten bis in die Zeit der klimakterischen Jahre. Dann, wenn die Menses cessiren,

tritt auch ein Involutionsprocess in der Brustdrüse ein, die Acini verschwinden nun vollständig, so dass die Gänge der Milchdrüse blind in Strängen von Bindegeweben endigen; ja bei der weiteren Involution schwinden auch die feineren Gänge, so dass nur noch die gröberen mit blinden Enden im Bindegewebe zurückbleiben. Fig. 30 zeigt Milchgänge einer Puerpera mit zahlreichen Endbläschen, Fig. 31 zeigt Milchgänge einer alten Frau ohne Endbläschen, beides nach Langer. In seltenen Fällen entwickelt sich bei männlichen Individuen die Drüse so weit, dass sie Milch absondert. In Giessen wurde die Milch eines Bockes analysirt und Casein, Zucker und Fett darin gefunden.

Die Milch enthält ausser anorganischen, namentlich phosphorsauren Salzen, die dem Säuglinge zum Aufbaue seines Knochensystemes dienen, Milchzucker, Butter und Casein nebst etwas nativem Eiweiss, also ein Kohlehydrat, Fett und Eiweisskörper, so dass die drei grossen Gruppen der Nahrungsmittel in ihr vertreten sind.

Den Milchzucker haben wir bereits kennen gelernt. Wir haben gesehen, dass er direct gährungsfähig ist, dass er krystallisirt, die Polarisationsebene nach rechts dreht, dass er die gewöhnlichen Zuckerproben gibt, und dass er, da er alle diese Eigenschaften mit dem Traubenzucker gemein hat, von diesem nicht zu unterscheiden ist, so lange er sich in Lösung befindet, dass er sich aber, wenn er im festen Zustande dargestellt ist, dadurch unterscheidet, dass er schwerer in Wasser und namentlich viel schwerer in Alkohol löslich ist als der Traubenzucker.

Die Butter ist ein gemengtes Glycerinfett. Ueber die Butter aus der Menschenmilch gibt es noch keine Untersuchungen, einfach deshalb, weil Untersuchungen über gemengte Fette immer ein beträchtliches Material beanspruchen, und die Butter aus der Menschenmilch noch nicht in hinreichender Menge zu haben gewesen ist. Die Kuhbutter ist dagegen von Heintz untersucht worden, und es hat sich ergeben, dass sie ein gemischtes Glycerinfett ist, und folgende Fettsäuren darin enthalten sind oder vielmehr, richtiger gesagt, folgende Fettsäuren durch den Verseifungsprocess daraus abgeschieden werden können

Buttersäure	$C_4 H_8 O_2$
Capronsäure	$C_6 H_{12} O_2$
Caprylsäure	$C_8 H_{16} O_2$
Caprinsäure	$C_{10} H_{20} O_2$
Myristinsäure	$C_{14} H_{28} O_2$
Palmitinsäure	$C_{16} H_{32} O_2$
Stearinsäure	$C_{18} H_{36} O_2$
Butinsäure	$C_{20} H_{40} O_2$
Oelsäure	$C_{18} H_{34} O_2$

Das Casein hat alle Eigenschaften eines fällbaren Eiweisses; es gerinnt beim Kochen nicht, es wird aber durch alle Säuren, auch durch verdünnte Pflanzensäuren und durch die dreibasische Phosphorsäure, aus der Milch niedergeschlagen. Es ist deshalb frühzeitig die Frage aufgeworfen worden, ob denn nicht vielleicht das Casein, neben dem immer noch etwas lösliches Eiweiss in der Milch enthalten ist, identisch sei mit einem gewöhnlichen Natronalbuminat, welches man sich künstlich bereiten kann, indem man eine verdünnte Natronlösung auf gewöhnliches, natives Eiweiss einwirken lässt. Die Milch gerinnt, wenn man ihr ein Stückchen von

einem Kälbermagen oder überhaupt ein Stückchen von dem Magen eines frischgeschlachteten Thieres oder etwas von dem Extract eines solchen Magens zusetzt und sie damit erwärmt. Man bezeichnet die getrocknete und zu diesem Zwecke präparirte Schleimhaut des Kälbermagens, oder auch die wirksame Substanz darin, mit dem Namen Lab und auch das flüssige Extract, welches man daraus macht, mit dem Namen des Labextracts. Man sagt deshalb: Das Casein wird durch Lab zum Gerinnen gebracht. Auf dem Gerinnen durch Lab beruht die Bereitung der süssen Molke. Man setzt der Milch Lab oder Labextract zu und erwärmt vorsichtig, bis die ganze Masse des Caseins in ein Coagulum zusammengeronnen ist. Man kann dann die Milchflüssigkeit davon abfiltriren, oder auf einem Seihtuche davon abtropfen lassen. Diese Flüssigkeit ist die süsse Molke. Sie unterscheidet sich von der sauren Molke, welche man durch Zusatz von Essigsäure, Weinsäure oder Weinstein bereitet, dadurch, dass sie keinen sauren Geschmack hat, und weniger phosphorsaure Salze enthält, weil bei dem Gerinnenmachen durch Lab das sich ausscheidende Casein einen grossen Theil der phosphorsauren Salze mitreisst, während dieselben in Lösung bleiben, wenn man das Casein durch Essigsäure oder Weinsäure ausfällt. Dieses Gerinnen durch Lab war immer ein Unterschied zwischen dem Casein in der Milch und dem gewöhnlichen Kali- oder Natronalbuminate; denn dieses gerinnt durch Lab nicht. Dann zeigte aber Schretzka, dass, wenn aus Kalioder Natronalbuminat, Zucker und Butter eine Emulsion, also eine künstliche Milch bereitet wird, diese auch durch Lab zum Gerinnen gebracht werden kann. Er zeigte weiter, dass diese künstliche Milch auch im natürlichen Wege sauer wird und gerinnt, was übrigens nichts Auffallendes war, da, wie wir später sehen werden, das Sauerwerden und das Gerinnen in Folge des Sauerwerdens darauf beruht, dass der Zucker in der Milch die Milchsäuregährung eingeht, und die so gebildete Milchsäure das Casein aus seiner Verbindung mit dem Natron ausfällt.

Es existirt aber noch ein anderer Unterschied zwischen dem Casein in der Milch und dem Natronalbuminat. Reines Natronalbuminat ist nur flüssig, so lange es alkalisch reagirt. Sobald man so viel Säure zusetzt, dass es gegen Lakmuspapier sauer reagirt, fällt auch der Eiweisskörper heraus: dagegen kann man der Milch vorsichtig so viel Säure zusetzen, dass sie gegen Lakmuspapier sauer reagirt, ohne dass sie gerinnt. Ja es zeigt sich, dass die Milch in Städten, die in der Regel sauer reagirt, wenn man sie kauft, dennoch für die meisten Zwecke vollkommen gut und brauchbar ist, und dass sie bei Kühen, die mit Schlempe gefüttert werden, häufig schon unmittelbar nach dem Melken sauer reagirt. Wenn man der Milch etwas mehr Säure zusetzt, aber noch nicht so viel, dass das Casein unmittelbar herausgefällt wird, und sie zum Sieden erhitzt, so läuft sie zusammen: es wird dann Casein und auch Eiweiss herausgefällt. Darauf beruht es, dass manche Milch, die anscheinend noch vollkommen gut ist, beim Kochen zusammenläuft. Das ist eben Milch, bei der schon so viel Milchsäure gebildet ist, dass zwar nicht bei gewöhnlicher Temperatur, wohl aber in der Siedhitze das Casein herausfällt. Gibt man noch mehr Säure hinzu, so fällt das Casein bei gewöhnlicher Temperatur heraus. Rollett hat gezeigt, dass Natronalbuminat sich ebenso verhält, wenn man ihm phosphorsaures Natron zugesetzt hat.

Der Unterschied also, den künstliche Natronalbuminatlösung und Milch beim Ansäuern zeigen, liegt nicht in den Eiweisskörpern als solchen, sondern darin, dass das eine Mal phosphorsaure Salze zugegen sind, das andere Mal nicht. Man war also im Allgemeinen der Meinung, dass das Casein in der Milch doch mit dem Natronalbuminate identisch sei. Da zeigte Zahn, dass, wenn man Milch durch einen porösen Thoncylinder filtrirt, mittelst des Bunsen'schen Filtrationsapparates durchsaugt, eine Flüssigkeit durchgeht, welche zwar Eiweiss, aber kein Casein enthält. Es schien also hiemit ein wesentlicher Unterschied zwischen Casein und Natronalbuminat gefunden zu sein, denn das letztere passirt in ähnlicher Weise, wie natives Eiweiss die poröse Thonwand. Später ist aber einerseits das Casein filtrirt worden, und andererseits ist unfiltrirbares Natronalbuminat gemacht worden. Schwalbe wies nämlich nach, dass Milch, der man eine kleine Menge Senföl zugesetzt hat, Monate lang nicht gerinnt, und dass, wenn solche Milch in den Thoncylinder gebracht wird, nicht nur Wasser, Salze, Zucker und Eiweiss, sondern auch Casein durch die Wand desselben durchgesaugt werden kann. Anfangs erscheint zwar mit den krystalloiden Substanzen nur Eiweiss, später aber folgt das Casein nach. Andererseits hat Soxhlet künstliches Natronalbuminat in ähnlicher Weise wie das Casein der Milch unfiltrirbar gemacht. Er bereitete eine Emulsion aus Natronalbuminat und Butter und fand, dass sie sich bei der Filtration durch einen Thoncylinder wie Milch verhielt.

Unter Mitwirkung des Fettes und bei Bildung der Emulsion geht also eine Veränderung mit dem Casein vor. Schon vor einigen dreissig Jahren fand Ascherson, ein Arzt in Berlin, dass bei Bereitung von Emulsionen aus Eiweisslösungen und Fetten sich eine feste Schicht um jeden Fetttropfen bildet. Er nannte diese Schicht die Haptogenmembran, weil sie bei der Berührung von zwei Körpern entsteht. Eine solche Haptogenmembran hat schon, gleichfalls vor einer langen Reihe von Jahren, Henle den Milchkügelchen zugeschrieben. Er beruft sich darauf, dass man die Milch mit Aether schütteln kann, ohne dass der Aether die Fetttropfen aufnimmt, was doch der Fall sein müsste, wenn die letzteren ganz frei und ungeschützt in der Flüssigkeit herumschwimmen würden; dass aber andererseits das Fett beim Schütteln leicht in den Aether übergeht, sobald man dem Gemenge auch nur eine sehr geringe Menge von Kali oder Natron zusetzt.

Später hat v. Wittich die Entstehung der Haptogenmembran dahin erklärt, dass bei der Berührung des Fettes mit dem Natronalbuminate eine doppelte Zersetzung stattfinde; das Natron gehe an das Fett und bilde eine Natronseife, und dadurch werde gleichzeitig ein Theil des Caseins, der, welcher sein Natron abgegeben hat, unlöslich. Die Seife und der Eiweisskörper bilden hiernach mit einander die Haptogenmembran. Diese Haptogenmembran ist vielfach und auch noch in neuerer Zeit bestritten worden. Die Versuche von Soxhlet leiten aber wieder darauf hin, dass doch das Fett den Eiweisskörper in einen besonderen Zustand überführt, und Schwalbe ist mit neuen Versuchen für die Existenz der Haptogenmembran eingetreten. Wir begreifen nur bis jetzt nicht, wie das Fett auf die Filtrirbarkeit des ganzen Caseins einwirkt, da sich wenigstens nach den bisherigen Anschauungen doch nur ein Theil desselben an der Bildung der Haptogenmembran betheiligt. Wenn wir nun alle diese

zahlreichen Versuche zusammennehmen, so müssen wir uns leider gestehen, dass wir weder mit Sicherheit wissen, in welchem Zustande das Casein in der Flüssigkeit der Milch enthalten ist, noch auch wissen, ob es identisch sei mit dem künstlichen Natronalbuminat oder nicht. Bis jetzt ist nur gezeigt, dass alle Unterschiede, welche zwischen dem Natronalbuminate und dem Casein aufgestellt wurden, nicht haltbar sind: damit ist aber die Identität der beiden Körper noch nicht erwiesen. Hoppe-Seyler wendet gegen den Identitätsbeweis aus den besprochenen Reactionen mit Recht Folgendes ein: Wenn man Casein mit einer Lösung von Kali oder Natron behandelt, so bildet sich Schwefelkalium, beziehungsweise Schwefelnatrium. Wenn man nachher den Eiweisskörper mit einer verdünnten Säure wieder ausfällt, so zeigt er noch alle die vorerwähnten, dem Casein und Alkalialbuminat gemeinsamen Reactionen, und doch ist er sicher nicht mehr derselbe, der er früher war; denn abgesehen von den Veränderungen, die er sonst erfahren haben mag, hat er einen Theil seines Schwefels abgegeben. Es ist also möglich, dass man zwei Körper hat, welche die uns bekannten Reactionen mit einander gemein haben, und welche dennoch nicht identisch sind. Hiernach muss man auch die Angabe beurtheilen, dass das Casein in der Milch vermehrt werde, wenn man dieselbe bei 38° digerirt. Es ist nämlich angegeben worden, wenn man die Milch bei 38° digerire, nehme die Menge des Eiweisses darin ab, und die Menge des Caseins nehme in entsprechender Weise zu. Die Versuche beweisen aber nur, dass die Menge des nativen Eiweisses ab, und die des fällbaren Eiweisses zunimmt. Dass das geschieht, ist bei alkalisch reagirender Milch leicht begreiflich, denn fast alle alkalischen Flüssigkeiten wirken bei erhöhter Temperatur, wenn auch schwach und langsam, auf das native Eiweiss und ändern einen Theil desselben in fällbares Eiweiss um. Es handelt sich nur darum, ob das hier gebildete fällbare Eiweiss und das Casein identisch sind; dann kann man sagen, dass hier auf Kosten des löslichen Eiweisses durch blosses Digeriren bei 38° wirklich Casein gebildet worden sei.

Die Milchsäure.

Wenn die Milch an der Luft steht, so wird sie nach und nach sauer, indem der Milchzucker, der darin enthalten ist, in Milchsäure umgewandelt wird. Die Milchsäure hat die Zusammensetzung $C_3 H_6 O_3$. Man kann also diese Umwandlung betrachten als Zerfall des Milchzuckers. Indem sich die Milchsäure vermehrt, verdrängt sie zuletzt das Casein aus seiner Verbindung mit dem Alkali, und die Folge davon ist, dass die Milch gerinnt, gesteht. Die Säurebildung beginnt also schon viel früher, als die Milch gerinnt oder einen säuerlichen Geschmack annimmt, sie beginnt sehr bald, nachdem die Milch gemolken worden ist, und schreitet je nach der Temperatur rascher oder langsamer fort. Merkwürdig ist es, dass schon ein geringer Zusatz von Senföl die Milchsäuregährung, wie Aug. Vogel nachwies, fast vollständig hindert. Milch, welcher man auf 20 Gramme einen Tropfen Senföl zusetzt, bleibt, wie ich bereits früher erwähnte, nach einer Beobachtung von Schwalbe, Wochen und Monate lang flüssig. Dies beruht darauf, dass die Säurebildung verhindert wird. Leider ist aber auch durch einen so geringen

Zusatz von Senföl die Milch völlig ungeniessbar gemacht. Wie das Senföl wirkt weiss man bis jetzt nicht. Der am nächsten liegende Gedanke ist der, dass es bestimmten lebenden Organismen, deren Mitwirkung bei der Säurebildung nothwendig ist, die Existenz unmöglich macht: in ähnlicher Weise, wie sich in Traubensaft kein Alkohol bilden würde, wenn man ihm eine auf die Hefe absolut tödtlich wirkende Substanz zugesetzt hätte.

Wenn man sich Milchsäure verschaffen will, so stellt man sie in der Regel nicht aus Milch allein dar, sondern schlägt ein Verfahren ein, welches von Bensch angegeben worden ist: man löst 6 Pfund Rohrzucker und $^1/_2$ Unze Weinsteinsäure in 26 Pfund Wasser auf, und lässt die Lösung einige Tage stehen. Das hat den Zweck, den Rohrzucker zu invertiren, ihn in rechtsdrehende Glycose und linksdrehenden Fruchtzucker umzuwandeln. Hierauf fügt man zu dem Ganzen 4 Unzen alten stinkenden Käse, 8 Pfund abgerahmte geronnene Milch und 3 Pfund geschlemmte Kreide. Alles zusammen lässt man einige Tage bei einer Temperatur von 30° bis 35° stehen. Die Milch und der Käse haben den Zweck, die Milchsäuregährung einzuleiten, die Kreide hat den Zweck, die gebildete Milchsäure aufzunehmen, so dass sich unter Austreibung der Kohlensäure milchsaurer Kalk bildet. Nach einigen Tagen ist das Ganze in einen steifen Brei verwandelt, den man mit 20 Pfund siedenden Wassers verdünnt, dann $^1/_2$ Unze Aetzkalk hinzufügt und eine halbe Stunde lang kocht, dann durch einen Spitzbeutel filtrirt. Aus der filtrirten Flüssigkeit scheidet sich in Form von Drusen und krystallinischen Körnern der gebildete milchsaure Kalk aus. Diesen sammelt man nun auf dem Spitzbeutel und presst ihn in Presstüchern aus. Man löst ihn wieder in seinem zweifachen Gewicht Wasser auf und setzt auf jedes Pfund $3^1/_2$ Unzen vorher mit ihrem gleichen Gewichte an Wasser verdünnter Schwefelsäure zu. Die Schwefelsäure bildet mit dem Kalk Gyps, und die Milchsäure bleibt in Lösung. Die so erhaltene unreine Milchsäure filtrirt man vom Gyps ab, fügt auf jedes Pfund der angewendeten Schwefelsäure $1^3/_8$ Pfund kohlensaures Zinkoxyd hinzu und kocht eine Viertelstunde lang; man filtrirt heiss, worauf beim Erkalten Krystalle von milchsaurem Zinkoxyd entstehen. Diese trennt man von der Mutterlauge, löst sie in heissem Wasser wieder auf, leitet Schwefelwasserstoff hindurch und filtrirt vom gebildeten Schwefelzink ab. Die so aus dem milchsauren Zink erhaltene, nun schon reinere Milchsäure dampft man ein und zieht sie dann mit reinem Aether aus. Nach dem Verdunsten des Aethers bleibt die reine Milchsäure zurück. Die so erhaltene, unter der Luftpumpe über Schwefelsäure entwässerte Milchsäure hat ein specifisches Gewicht von 1,215 und syrupartige Consistenz.

Die Milchsäure ist eine relativ starke Säure, indem sie die Kohlensäure aus ihren Verbindungen austreibt, und hat einen intensiv sauren Geschmack, der jedoch durch Verdünnen mit Wasser bald an seiner Intensität verliert. Die Milchsäure nehmen wir nicht nur in der sauren Milch, sondern auch in den vegetabilischen Nahrungsmitteln zu uns, in welchen Zucker durch einen ähnlichen Gährungsprocess in Milchsäure übergeht. Dies ist der Fall im Sauerkraut und in den sauren Rüben. Die Milchsäure entsteht zwar in letzter Reihe immer aus Zucker, aber sie kann auch in nicht zuckerhaltigen Gemengen entstehen, wenn die-

selben Amylum enthalten, welches in Dextrin und Zucker umgewandelt wird, und wo dann der Zucker nachher wieder in Milchsäure zerfällt. Es ist dies ein Process, der bei dem gewöhnlichen Sauerwerden der Schlichte, des Mehl- oder Stärkekleisters, vor sich geht, und dessen Bedeutung wir bald bei der Verdauung näher kennen lernen werden.

Quantitative Untersuchung der Milch.

Wenn man die Milch quantitativ untersucht, so handelt es sich gewöhnlich darum, die relativen Verhältnisse von Casein, von Fett und von Zucker kennen zu lernen. Die kürzeste und beste Methode hiefür ist die Methode von Heidlen. Dieselbe beruht darauf, dass man die Eiweisskörper der Milch durch Gyps unlöslich macht, während sie bei den übrigen Methoden durch Essigsäure herausgefällt werden. Bei der Methode von Heidlen wägt man etwa 15 Gramm Milch in einem kleinen mit einem Deckel versehenen, vorher gewogenen Schälchen oder Tiegel ab, und setzt dazu 5 Gramm reinen Gyps. Man kann sich denselben aus dem gewöhnlichen käuflichen gebrannten Gyps verschaffen, indem man diesen mit Wasser anrührt, ihn erstarren lässt und hinterher zu einem feinen Pulver verreibt. Dieses feine Pulver laugt man sorgfältig mit Wasser aus, um es von allen im Wasser leichter löslichen Bestandtheilen zu befreien, und trocknet es dann bei höchstens 110⁰. Von solchem Gyps mischt man eine genau gewogene Menge, etwa 5 Gramm, der Milch zu, wägt dieses Gemenge nochmals und trocknet es auf dem Wasserbade ein. Dann trocknet man im Luftbade bei höchstens 110⁰ so lange weiter, bis man bei wiederholtem Wägen keinen Gewichtsverlust mehr wahrnimmt. Auf diese Weise ermittelt man die Menge des Wassers, welche fortgegangen ist. Da man nun ausserdem die Menge des Gypses gewogen hat, so erhält man durch Subtraction des Gewichtes des Gypses von dem des Rückstandes die Menge der festen Bestandtheile der Milch. Von dem so erhaltenen Rückstande pulvert man nun eine Portion ganz fein, thut sie in einen Kolben und wägt sie darin ab, nachdem man vorher getrocknet hat, um das Wasser zu vertreiben, welches die Masse inzwischen vermöge ihrer Hygroskopicität wieder angezogen hat. Dann fügt man eine kleine Menge absoluten Alkohols hinzu und kocht damit auf. Dann fängt man an, mit Aether zu extrahiren und zwar in der Weise, dass man Aether aufgiesst, damit aufkocht, absetzen lässt und den Aether, wenn er sich vollständig geklärt hat, abhebt oder vorsichtig abgiesst, so weit er sich eben klar abgiessen lässt. Das wiederholt man so lange, bis der abgehobene Aether, wenn man einen Tropfen davon auf eine Glasplatte fallen lässt, keinen Fettring zurücklässt, mit andern Worten, so lange als der Aether noch Fett aufnimmt. Wenn der Aether kein Fett mehr aufnimmt, so verdampft man den Rest desselben und wägt den Kolben wieder. Das so erhaltene Gewicht zieht man von dem Anfangsgewichte ab: die Differenz besteht in den mit Aether ausziehbaren Substanzen, welche man als Fett verrechnet. Jetzt fängt man an, den Rückstand mit Alkohol auszuziehen, der mit Wasser auf das specifische Gewicht von 0,85 verdünnt worden ist. In solchem Alkohol ist der Milchzucker noch einigermassen löslich, und indem man wiederholt damit extrahirt, zieht man ihn nach und nach aus und auch zugleich

die in verdünntem Alkohol löslichen Salze, deren Gewicht man aber vernachlässigt, weil es im Verhältniss zu dem des Milchzuckers sehr gering ist. Man extrahirt wiederum so lange fort, als der Alkohol noch etwas aufnimmt. Ist dies nicht mehr der Fall, so verjagt man den Rest, trocknet und wägt. Die Differenz wird als Milchzucker verrechnet, mit dem aber, wie gesagt, einige im verdünnten Alkohol lösliche Salze und ausserdem noch die unbekannten sogenannten Extractivstoffe mitgerechnet sind.

Wenn man endlich von dem Reste das Gewicht des zugesetzten Gypses abzieht, so bleibt das Gewicht des Käsestoffes übrig, oder richtiger gesagt, das Gewicht der Eiweisskörper mit Einschluss der in verdünntem Alkohol nicht löslichen Salze, deren Gewicht aber wiederum dem des Käsestoffs gegenüber verhältnissmässig gering ist. Man erhält also durch diese Procedur eine annähernd richtige Vorstellung von dem relativen Verhältnisse von Butter, Zucker und Eiweisskörpern in der Milch und zugleich von der Concentration derselben.

Da dieses Verfahren immer noch verhältnissmässig zeitraubend ist, so hat man einzelne Proben angegeben, welche dazu dienen, uns einigermassen über den Werth der untersuchten Milch zu orientiren. Die gewöhnlichen sogenannten Milchprober, wie sie von den Marktcommissären gebraucht werden, sind nichts Anderes als Areometer, mittelst welcher man das specifische Gewicht der Milch feststellt. Nun ist aber die Milch eine Emulsion, das specifische Gewicht des Fettes, welches sie enthält, ist geringer als das des Wassers, das specifische Gewicht der andern werthvollen Bestandtheile, des Caseins und des Zuckers, ist aber grösser als das des Wassers. Der Stand des Areometers in der Flüssigkeit ist nun in erster Reihe abhängig von dem specifischen Gewichte der Lösung, in welche das Areometer eingetaucht wird. Die in der Flüssigkeit suspendirten Fetttröpfchen üben aber auch einen Einfluss auf den Stand desselben aus. Was man also durch die Milchprobe erfährt, ist der Gehalt der Milch an Casein, kurz an gelösten Substanzen, und auch in Rücksicht auf diese wird durch die wechselnde Menge der Fetttröpfchen das Resultat weniger genau. Man kann durch die Milchprobe auch nicht erfahren, ob etwa die Milch, ehe sie auf den Markt gebracht wurde, abgerahmt worden ist, man erfährt nur, ob sie in gröblicher Weise mit Wasser versetzt wurde oder nicht.

Um nun auch den Fettgehalt der Milch auf kurzem Wege zu bestimmen, hat Donné ein sogenanntes Lactometer oder Galactometer construirt. Dieses Instrument ist ein Diaphanometer. Die Milchflüssigkeit, an und für sich durchsichtig, wird getrübt durch die Milchkügelchen, welche darin enthalten sind. Je mehr Milchkügelchen, d. h. Fettkügelchen die Milch enthält, um so undurchsichtiger ist sie. Das wissen schon die Hausfrauen, indem sie von der schlechten Milch sagen, sie sei ganz blau in den Schalen, weil eben der dunkle Grund der Schale durch die fettarme durchscheinende Milch hindurch wirkt und ihr dadurch eine blaue Farbe verleiht. Donné misst die Dicke einer Milchschicht, die opak genug ist, um die Flamme einer Stearinkerze von bestimmter Qualität vollständig zu verdecken. Die Milchschicht von wechselnder Dicke stellt er dadurch her, dass er zwei mittelst planer Glasplatten geschlossene Röhren in einander verschiebt. Indem auf der einen Röhre eine Theilung

aufgetragen ist, kann der Apparat durch eine Reihe chemischer Fettbestimmungen empirisch graduirt werden, so dass man dann den Fettgehalt nach einer blossen Ablesung annähernd bestimmen kann.

Frauenmilch und deren Surrogate.

Die Frauenmilch enthält im Mittel in 1000 Theilen 28,11 Käsestoff. Die Eiweissmenge ist in den quantitativen Analysen, denen dieses Mittel entnommen ist, und die alle aus einer älteren Zeit herstammen, nicht gesondert bestimmt worden, weil man damals nicht wusste, dass alle Milch Eiweiss enthält, sondern das Eiweiss nur fand, wenn es in grosser Menge in der Milch auftrat. Man hielt es deshalb für einen blos pathologischen Bestandtheil der Milch. Sie enthält ferner in 1000 Theilen 35,66 Butter, 48,17 Milchzucker, 2,42 Salze und 885,66 Wasser. Von dieser mittleren Zusammensetzung, welche ich nach Moleschott's Physiologie der Nahrungsmittel wiedergebe, kommen sehr grosse Abweichungen vor. Erstens ist die Milch in den ersten Tagen nach der Geburt wesentlich anders zusammengesetzt. Es ist dies die Zeit, wo von der Brustdrüse noch das sogenannte Colostrum abgesondert wird. Das Colostrum enthält eine viel grössere Menge von Eiweisskörpern und besonders von nativem Eiweiss. Das native Eiweiss ist im Colostrum nicht nur in absolut grösserer Menge enthalten als in der späteren Milch, sondern auch in einer relativ grösseren Menge im Verhältnisse zum Casein. Im Mittel kommen in 1000 Theilen 52,73 Eiweisskörper, 33,47 Butter, 44,66 Milchzucker, 4,74 Salze und 864,40 Wasser vor. Ausserdem ist aber während des Säugens die Milch in einer fortwährenden Veränderung begriffen, nicht allein nach der Nahrung, welche die Säugende bekommt, sondern auch je nach der Zeit, welche seit der Geburt verstrichen ist. Das ist der Grund, weshalb man beim Suchen von Ammen für Kinder möglichst solche zu finden sucht, welche in derselben oder nahezu in derselben Zeit mit der Mutter des Kindes niedergekommen sind. Es hat sich gezeigt, dass ganz junge Kinder die Milch von Ammen, welche schon längere Zeit gesäugt haben, schlecht vertragen. Endlich ist die Zusammensetzung der Milch nach dem Lebensalter der Säugenden verschieden. Es ist von Doyère die Milch einer 45jährigen Amme analysirt worden, und es zeigte sich, dass sie nur $8\frac{1}{2}$ Theile Käsestoff, aber 4,0 Theile Eiweiss, 76 Butter, 73,1 Milchzucker, 1,5 Salze in 1000 Theilen enthielt. Wenn man aus dieser einen Untersuchung einen Schluss machen könnte, so nehmen in vorgerückteren Lebensjahren die Eiweisskörper und unter diesen besonders das Casein ab, dagegen nehmen die stickstofflosen Substanzen, Butter und Milchzucker zu. Es muss jedoch bemerkt werden, dass die Milch einer 36jährigen Frau, welche Simon analysirte, wenig von der mittleren Zusammensetzung abwich, und die gleichfalls von Simon analysirte Milch einer 20jährigen Amme an Caseingehalt sogar noch um ein geringes übertraf.

Endlich ist die Milch verschieden zu der Zeit, wo das Kind angelegt wird, und zu der Zeit, wo das Kind schon einige Zeit gesogen hat. Man hat bemerkt, dass anfangs immer eine fettärmere, später eine fettreichere Milch kommt. Es wurde dies auch an den Kühen beobachtet, und die Landleute sind noch jetzt bisweilen der Meinung, dass die Milch

sich in den Eutern der Kühe ausrahme. Da das Euter der Kühe nach demselben Typus gebaut ist, wie die Brustdrüse des Menschen, so kann begreiflicher Weise von einem solchen Ausrahmen nicht die Rede sein. Worauf es beruht, dass die spätere Milch immer fettreicher ist als die frühere, weiss man nicht. Man kann nur vermuthen, dass in den Enchymzellen der Drüsenbläschen ein Vorrath von Fetttröpfchen angehäuft ist, und dass dieser während des Saugens von den Enchymzellen ausgestossen wird und in die Milch gelangt. Auch die Milch beider Brustdrüsen zeigt sich nicht gleich zusammengesetzt.

Th. Brunner, der in Huppert's Laboratorium eine Reihe von Frauenmilchanalysen nach einer andern Methode anstellte, ist ferner der Meinung, dass in fast allen älteren Analysen von Thier- und Menschenmilch die Werthe für Eiweisskörper und Fette zu hoch angegeben wurden.

Es ist kein Zweifel, dass die Muttermilch, beziehungsweise die Ammenmilch das zweckmässigste Nahrungsmittel für junge Kinder sei. Wo solche nicht zu beschaffen ist, ist man auf die sogenannte künstliche Ernährung angewiesen. Es fragt sich: Welches ist das beste Surrogat, das man der Muttermilch substituiren kann?

Die Kuhmilch enthält, wenn sie gut ist, mehr Fett als die Menschenmilch, aber sie enthält zugleich nahezu doppelt so viel Casein. Bei der Frau ist in der Milch im Mittel 28,11 Casein gefunden worden, bei der Kuh 54,04. Butter ist in der Frauenmilch 33,47, in der Kuhmilch 43,05, Milchzucker in der Frauenmilch 44,66, in der Kuhmilch 42,63, also noch etwas weniger als in der der Frau. Aschenbestandtheile sind in der Menschenmilch 4,74, in der Kuhmilch 7,84. Es zeigt sich nun, dass Kinder, namentlich junge Kinder, die unverdünnte Kuhmilch in der Regel schlecht vertragen, dass sie sie in brockenartigen Gerinnseln ausbrechen. Da dies nicht nur mit der Qualität, sondern auch mit der Quantität des Caseins zusammenhängt, so ist das gewöhnliche und auch ganz rationelle Auskunftsmittel, dass man die Kuhmilch mit der Hälfte, in den ersten Wochen nach der Geburt sogar mit zwei Dritttheilen Wasser verdünnt. Dann ist sie aber an zwei Bestandtheilen verarmt, sie enthält dann weniger Zucker und Fett als die Menschenmilch.

Den Zucker pflegt man ihr in Gestalt von Rohrzucker zuzusetzen, und da der Kandiszucker, das heisst der in grossen Krystallen krystallisirte Rohrzucker, von den im Handel vorkommenden Sorten der reinste ist, pflegt man Kandiszucker zu diesem Zwecke zu verwenden. Der Chemiker Heintz hat aber schon am Ende der Vierziger Jahre angefangen, dem Rohrzucker Milchzucker zu substituiren, der ja jetzt allgemein im Handel zu haben ist. Der Milchzucker ist ein sehr leicht zersetzbarer Zucker, während der Rohrzucker ein entschieden schwerer zersetzbarer Zucker ist, und erst im Magen invertirt, in Trauben- und Fruchtzucker verwandelt werden muss, um seine weiteren Veränderungen einzugehen. Zweitens enthält aber der Milchzucker immer eine grössere Menge von phosphorsauren Salzen, welche er beim Herauskrystallisiren aus den Molken mit sich reisst, und diese phosphorsauren Salze sind offenbar etwas, was dem Säugling zum Aufbaue seines Knochensystems zu Gute kommen kann. Es hat auch diese Ersetzung des Rohrzuckers durch den Milchzucker, wo sie immer versucht worden ist, im Allge-

meinen einen guten Erfolg gehabt. Nur muss man nicht erst mit Rohrzucker anfangen und dann hinterher Milchzucker substituiren, weil die Erfahrung lehrt, dass dann das Kind die mit Milchzucker versüsste Milch nicht nimmt, weil der Milchzucker viel weniger süss schmeckt als der Rohrzucker.

Da die Milch auch fettärmer ist, so hat man vorgeschlagen, ihr Milchrahm zuzusetzen. Es ist das auf den ersten Anblick vollkommen gerechtfertigt, aber in der Praxis stellt sich die Sache etwas anders. Die Milchsäuregährung wird bekanntlich durch ein Ferment eingeleitet, und ist von einer Milch in die andere übertragbar, und selbst die unbedeutendsten Mengen, welche an der Wand eines Gefässes hängen geblieben sind, sind hinreichend, um in der Milch, die in solche Gefässe hineingegossen wird, rasch Milchsäuregährung einzuleiten. Wenn man Milch ausrahmen will, muss man sie 24 Stunden lang stehen lassen. Man lässt sie zwar nicht sauer werden, aber man kann nicht hindern, dass nicht während dieser Zeit der Process der Milchsäuregährung beginnt, speciell nicht hindern, dass das Ferment schon anfängt, sich in dieser Milch zu vermehren. Wenn man nun den Rahm dieser Milch in andere frischere überträgt, so ist das von keiner besonderen Gefahr, wenn dieses Gemenge sofort verbraucht wird. Wenn es aber noch aufbewahrt wird, so theilt sich der Process der Milchsäuregährung dieser so gemengten Milch mit, und sie verdirbt in kürzerer Zeit als sie ohne Rahmzusatz verdorben wäre. Man ist deshalb zu dem alten seit Jahrhunderten geübten Verfahren zurückgekommen, möglichst fette Kuhmilch zu nehmen, diese mit der Hälfte Wasser zu verdünnen, und sie zu zuckern, nicht aber ihr noch Rahm von anderer Milch zuzusetzen. Wo man dies thun will, benutze man wenigstens nicht den käuflichen Rahm, sondern bringe ganz frische Milch an einen möglichst kühlen Ort, und sobald sich eine Rahmschicht gebildet hat, schöpfe man dieselbe ab und verwende sie.

Das Verdünnen ist nicht zu allen Zeiten gleich nothwendig und nützlich. Man hat mit demselben abzunehmen und zuletzt vom siebenten, achten oder neunten Monate an das Kind schon mit unverdünnter Kuhmilch zu ernähren.

In den englischen Recepten für sogenannte künstliche Frauenmilch findet man einen uns seltsam erscheinenden Zusatz, nämlich Kalkmilch. Bei der Art und Weise, wie sich manchmal Dinge in der Praxis fortpflanzen, welche aus theoretischen Gründen vorgeschlagen sind und gar keine praktische Erfahrung für sich haben, könnte man glauben, dass dieser Zusatz von Kalkmilch nur in der Idee gemacht worden sei, den Kindern den Kalk zuzuführen, auf Kosten dessen sie ihr Knochensystem aufbauen sollen. Da aber die Mütter für einen solchen Zusatz schwerlich viel Neigung haben werden, so ist es nicht wahrscheinlich, dass die Aerzte darauf beharrt haben würden, wenn sie nicht einen guten Grund dafür gehabt hätten. Und dieser Grund ist wahrscheinlich ein rein localer. Bei der Ausdehnung von London und bei den dortigen Verkehrsverhältnissen ist es sehr wohl glaublich, dass der grösste Theil der Milch, wenn sie in das Haus kommt, schon saure Reaction zeigt, und dass dieser Zusatz von Kalkmilch gemacht wird, um die in der Milch enthaltene

Milchsäure in milchsauren Kalk umzuwandeln und der Milch alkalische Reaction zu geben.

Man hat der Milch auch in den späteren Monaten der Säuglingsernährung Amylacea zugesetzt. Es geschieht dies einmal in Gestalt der verderblichen Breifütterung, welche bei uns noch so vielfältig auf dem Lande gehandhabt wird, andererseits in verfeinerter Weise, indem man eine Stärke, die einen besonderen Ruf der leichten Verdaulichkeit hat, die Pfeilwurzelstärke, das sogenannte Arrow-root, das aus der Wurzel von Maranta arundinacea gewonnen wird, der Milch zusetzt. Es darf hiebei nie vergessen werden, dass die wesentlichste Nährsubstanz in der Milch, dass die Eiweisskörper nicht vermehrt werden, und dass es nachtheilig ist für ein Kind, wenn man ihm eine verhältnissmässig zu grosse Menge von Kohlehydraten zuführt und sucht, ihm dabei an der Masse der Eiweisskörper, die ihm zugeführt werden sollen, etwas abzubrechen. Der bekannte Kinderarzt Routh in London sagt in Bezug hierauf, dass eine Anzahl Londoner Kinder nur durch die Unbotmässigkeit der Wärterinnen gerettet werden, indem diese sie nebenbei aus ihrer Schüssel essen lassen, während sie sonst bei Arrow-root verhungern würden.

Eine andere Art des Zusatzes von Kohlehydraten hat Liebig angegeben. Er benutzt Weizenmehl, das insofern einen Vorzug vor dem Arrow-root hat, als es nicht unbeträchtliche Mengen (bei uns nach Horsford und Krocker 157 Gewichtstheile in tausend) von Eiweisskörpern enthält. Die Stärke im Weizenmehl sucht er dadurch leichter verdaulich zu machen, dass er sie gewissermassen einen Theil des Verdauungsprocesses schon vorher durchmachen lässt, dass er sie durch Malz in Achroodextrin und Zucker umwandelt. Er gibt dazu zweierlei Recepte. Erstens: 1 Loth Weizenmehl wird mit 10 Loth Milch gekocht, dazu wird dann, wenn die Masse bis 70° abgekühlt ist, 1 Loth Malzmehl mit 2 Loth Wasser und 30 Tropfen einer Lösung gesetzt, welche 2 Theile doppeltkohlensaures Natron in 11 Theilen Wasser nthälte; hierauf wird das Ganze bei 70° digerirt. Das zweite Recept, das im Wesentlichen dasselbe Resultat gibt, ist folgendes: Es werden 1 Loth Weizenmehl, 1 Loth Malzmehl, $7\frac{1}{3}$ Gran doppeltkohlensaures Natron, 2 Loth Wasser und 10 Loth Milch zusammengemischt und vorsichtig unter Umrühren und Schütteln über der Spirituslampe gewärmt. Man lässt das Gemisch aber nicht zum Aufkochen kommen, sondern erwärmt es nur bis auf etwa 70°. Man braucht dazu kein Thermometer, man richtet sich nach der Veränderung in der Consistenz. Hat man nämlich eine Weile erwärmt, so wird die Masse dicklich, indem die Stärke quillt und sich in Kleister umwandelt. Wenn man dann unter stetem Rühren und Umschütteln weiter erwärmt, so wird sie wieder dünn, indem der Kleister in Dextrin und in Zucker übergeht. Endlich, wenn die Masse wieder dünn und süssschmeckend geworden ist, wird sie aufgekocht, um die Diastase zu zerstören. Die Suppe wird, mag sie nach dem einen oder andern Recepte bereitet sein, je nach dem Alter des Kindes mit verschiedenen Mengen Wasser verdünnt, und durch ein Tuch oder ein feines Haarsieb geseiht. Es sind jetzt schon zahlreiche Versuche mit dieser sogenannten Liebig'schen Suppe angestellt worden, und wenn auch ein Theil von ihnen weniger befriedigend ausgefallen ist, so muss man doch sagen, dass sie in andern Fällen wieder gute Erfolge gehabt hat, und

gewiss, wenn eben die Suppe mit Sorgfalt bereitet ist, eine der besseren Arten ist, um mit der Milch Kohlehydrate in grösserer Menge dem Körper zuzuführen.

Bei schwachen, abgemagerten Kindern verdünnt man die Kuhmilch mit Fleischbrühe statt mit Wasser und zwar meistens mit Kalbfleischbrühe, häufig aber auch mit Rindfleischbrühe, von der vorher das Fett abgeschöpft worden ist. Der Erfolg ist erfahrungsmässig ein guter. In wie weit die Fleischbrühe als solche dabei zur Ernährung des Kindes beitragen kann, werden wir erst später, wenn wir vom Fleische sprechen, erfahren.

Ausser der Kuhmilch kann auch die Milch anderer Thiere zur Ernährung der Kinder dienen. Da ist es namentlich die Ziegenmilch, welche in südlichen Ländern meist ganz unverdünnt und direct vom Thiere verbraucht wird. Routh erzählt, dass in Malta nicht selten die Kinder unmittelbar an die Ziege angelegt werden und dabei ganz vortrefflich gedeihen.

Die Milch der Einhufer, die Milch der Eselin und der Stute, kommt bei uns für die Ernährung der Kinder nicht in Betracht. Sie ist ärmer an Eiweisskörpern als die Menschenmilch. Das Mittel für die Menschenmilch hatte sich auf 28,11 Gewichtstheile Casein in Tausend gestellt, für die Milch der Eselin stellt sich dasselbe auf 20,18, und für die der Stute auf 16,41. Dabei ist die Milch der Eselin verhältnissmässig fettarm. Die Menge des Fettes stellt sich für die Eselin auf 12,56, dagegen gibt Moleschott für die Stutenmilch eine sehr hohe Ziffer, nämlich 68,72 an. Beide aber, sowohl die Milch der Eselin als die Stutenmilch, sind sehr reich an Milchzucker. Milchzucker und Aschenbestandtheile betragen in der Milch der Eselin 57,02, in der Stutenmilch sogar $86\frac{1}{2}$. Die Milch der Eselin ist namentlich in früherer Zeit vielfältig an Brustkranke verabreicht worden, und sie nähert sich insofern den süssen Molken, als sie im Vergleiche zu andern Milchsorten eine geringere Menge von Fett und eine geringere Menge von Eiweisskörpern enthält, dafür aber eine relativ grosse Menge von Milchzucker. Noch grösser ist die Menge des Milchzuckers, wie wir eben gesehen haben, in der Stutenmilch, und daher ist diese mehr als andere Milch geeignet, ein gegohrenes, berauschendes Getränk, den sogenannten Kumis, zu geben, den die Kirgisen schon seit alter Zeit bereiten. In neuerer Zeit haben ihn die russischen Aerzte Brustkranken verordnet: es haben sich auch in anderen Theilen von Russland Anstalten zur Erzeugung von Kumis gebildet, und vor einigen Jahren ist auch hier in der Nähe von Wien eine solche eingerichtet worden.

Aus der Milch werden an secundären Producten gewonnen zunächst die Butter und die Buttermilch. Mit letzterer wird in unsern Alpen noch verschwenderisch umgegangen, indem man sie meistens dem Vieh gibt, während sie anderwärts, wohl in grösster Ausdehnung in Irland, von Menschen genossen wird. Man kann nicht verkennen, dass ihr noch ein nicht unbeträchtlicher Nährwerth zukommt. Man muss bedenken, dass sie noch die gesammten Bestandtheile der Milch enthält mit Ausnahme des Butterfettes, und mit Ausnahme dessen, was an Milchzucker in Milchsäure umgewandelt worden ist.

Ein anderes secundäres Product ist der Käse, der hier insofern zu erwähnen ist, als er Eiweisskörper in der concentrirtesten Gestalt ent-

hält, wenigstens in concentrirterer Gestalt als alles frische Fleisch. Ein Pfund Käse enthält etwa um die Hälfte mehr Eiweisskörper als ein Pfund frisches Fleisch. Wir sehen deshalb, dass in denjenigen Gegenden, in welchen die Milchproducte relativ wohlfeil sind, in der Ernährung der niederen Bevölkerung dem Fleische vielfach Käse substituirt wird.

Das Fleisch.

Das Fleisch, wie es in den Topf kommt, ist zusammengesetzt aus Muskelfasern, aus den Sehnen der Muskeln, aus Fett, aus Blutgefässen, Nerven u. s. w. Die hauptsächlichsten Substanzen, welche für uns in Betracht kommen, sind erstens eine Reihe von Eiweisskörpern, welche wir später, wenn wir vom Muskel und seiner Physiologie handeln, noch näher kennen lernen werden, zweitens die leimgebenden Substanzen, welche beim Kochen, wenn auch nicht vollständig, so doch theilweise in Leim übergeführt werden, und dann eine Reihe von nicht eiweissartigen löslichen Substanzen im Fleische. Unter diesen ist zunächst zu erwähnen das Glycogen, welches wir schon bei den Kohlehydraten besprochen haben. Wir erhalten es aber in der Regel nicht mehr als Glycogen in der Nahrung, indem bei uns die Gewohnheit herrscht, das Fleisch, damit es leichter mürbe werde, längere Zeit hängen zu lassen, es nicht sofort nach dem Schlachten des Thieres zu kochen. Während dieses Ablagerns wird das Glycogen in Zucker und dann in Milchsäure umgewandelt. Ein zweites Kohlehydrat, das wir schon besprochen haben, und welches ebenfalls im Fleische vorkommt, ist der Inosit. Er hat die Formel $C_6 H_{16} O_6$. Er hat mit den Zuckern gemein, dass er ein Kohlehydrat ist und dass er süss schmeckt; er geht aber weder direct, noch indirect die Alkoholgährung ein und ist deshalb nicht als ein wahrer Zucker zu betrachten. Dagegen wandelt er sich in Milchsäure um und zwar, wie es scheint, unter denselben Verhältnissen, unter denen sich die Glycose in Milchsäure umwandelt. Aber er gibt nicht die gewöhnliche Milchsäure, sondern eine andere Milchsäure, welche man mit dem Namen Fleischmilchsäure oder Paramilchsäure belegt hat. Sie ist der gewöhnlichen aus den Zuckern erhaltenen Milchsäure ähnlich, aber sie unterscheidet sich von derselben durch die Krystallform und durch die Löslichkeitsverhältnisse einiger ihrer Salze.

Demnächst haben wir im Muskelfleische eine Reihe von stickstoffhaltigen Substanzen, die keine Eiweisskörper sind, zunächst das Kreatin, welches Chevreul im Fleischsafte entdeckt und Liebig näher untersucht hat. Er hatte die Eiweisskörper durch Aufkochen aus dem Fleischsafte entfernt, hierauf mit einem Gemenge von salpetersaurem Baryt und Aetzbaryt versetzt, um die Schwefelsäure und Phosphorsäure auszufällen, sodann vom Niederschlage abfiltrirt, die Mutterlauge eingeengt, und sie zum weiteren Abdunsten und Krystalliren hingestellt. Dabei schied sich das Kreatin krystallisirt aus. Es besteht aus $C_4 H_9 N_3 O_2$. Wenn man es mit Barytwasser kocht, so zerfällt es in Harnstoff ($CH_4 N_2 O$) und in Sarkosin ($C_3 H_7 NO_2$). Den Harnstoff werden wir als wichtigsten stickstoffhaltigen Bestandtheil des Harns kennen lernen, das Sarkosin ist zwar als solches kein Harnbestandtheil, aber interessant durch den Einfluss, welchen es, in den Körper gebracht, auf die Harn-

bestandtheile ausübt. Behufs der eben erwähnten Metamorphose nimmt das Kreatin ein Atom Wasser auf: wenn man es dagegen mit Säuren kocht, so gibt es ein Atom Wasser ab und geht nun in einen andern Körper über, in das Kreatinin, welches aus $C_4\ H_7\ N_3\ O$ besteht. Dieselbe Veränderung erleidet es durch längeres Kochen, so dass in der Fleischbrühe stets neben Kreatin auch viel Kreatinin enthalten ist. Dieses Kreatinin ist eine entschiedene Basis, und wir werden es als regelmässigen Harnbestandtheil kennen lernen.

Ferner kommt im Fleische noch ein Körper vor, der den Namen Hypoxanthin oder Sarkin führt, und aus $C_5\ H_4\ N_4\ O$ besteht. Wir werden, wenn auch nicht diesen Körper, doch in der Zusammensetzung ihm nahestehende gleichfalls unter den stickstoffhaltigen Harnbestandtheilen kennen lernen. Dann haben Hlasiwetz und Weidel in neuester Zeit im Fleischextracte eine Substanz entdeckt, welche sie mit dem Namen Carnin bezeichnet haben, und welche die Bestandtheile eines Oxytheobromins, oder auch die von Sarkin und Essigsäure enthält. Es besteht aus $C_7\ H_8\ N_4\ O_3$. Es ist in kaltem Wasser schwer, in heissem leicht löslich; Alkohol und Aether lösen es nicht. Mit Chlorwasserstoffsäure bildet es glasglänzende Nadeln von salzsaurem Carnin. Es gibt eine Farbenreaction, die ihm mit dem Sarkin gemeinsam ist. Erwärmt man eine kleine Menge mit frischem Chlorwasser und etwas Salpetersäure, bis die Gasentwickelung aufhört, verdampft dann zur Trockenheit und setzt den weissen Rückstand unter einer Glocke einer Ammoniakatmosphäre aus, so färbt er sich dunkel rosenroth.

Endlich hat Liebig in seiner berühmten Arbeit über die Bestandtheile des Fleisches die Inosinsäure beschrieben, von der er das Barytsalz analysirt hat, und der er die Formel $C_5\ H_5\ N_2\ O_6$ gibt. Diese Säure soll in ihren Lösungen den Geschmack der Fleischbrühe haben. Sie ist von Hlasiwetz bei der Untersuchung des Fleischextractes nicht wieder aufgefunden worden, sie scheint also nicht immer, nicht in allem Fleische vorzukommen.

Ausser diesen organischen Bestandtheilen enthält das Fleisch eine Quantität anorganischer Bestandtheile, von welchen für unsere Ernährung namentlich die phosphorsauren Salze von Wichtigkeit sind. Es muss hier hervorgehoben werden, dass die Hauptmasse der phosphorsauren Salze im Fleische phosphorsaures Kali ist. Kali und Natronsalze sind im Blute und im Muskelfleische keineswegs gleichmässig vertheilt, im Blute herrschen die Natronsalze, im Muskelfleische die Kalisalze vor.

Wenn wir das Fleisch geniessen wollen, so pflegen wir es zu kochen oder zu braten. Man hat vorgeschlagen, das lieber zu unterlassen und das Fleisch roh zu essen, da ja die Thiere, die im Naturzustande leben, dem sich der Mensch möglichst zu nähern suchen müsse, das Fleisch auch roh verzehren. Die Welt hat aber daran keinen Geschmack gefunden, und ausserdem hat das Kochen schon darin seinen guten Grund, dass wir uns durch dasselbe vor den Parasiten sicher stellen, und vor den Ansteckungsstoffen, welche etwa im Fleische enthalten sein können. In Rücksicht auf die Parasiten liegt die Sache, namentlich seit den Erfahrungen, die wir in neuerer Zeit über ihre Wanderungen gemacht haben, auf der Hand. Es wird Niemand mehr empfehlen, rohes Schweinefleisch zu essen, seit die Trichinen einen solchen Schrecken

über ganz Europa verbreitet haben. Aber auch in Rücksicht auf nicht greifbare, nicht sichtbare Contagien ist das Kochen oder Braten des Fleisches gewiss von hoher Wichtigkeit, denn es hat sich gezeigt, dass von Thieren, die an ansteckenden Krankheiten gelitten hatten, das Fleisch ohne Schaden genossen worden ist, wenn es vorher gehörig gekocht war. Es dürfte jetzt beiläufig 30 Jahre her sein, dass in Böhmen eine grosse Rinderpest war, und dort eine Menge Vieh erschlagen und verscharrt wurde. Es ist später ruchbar geworden, dass arme Leute zur Nachtzeit diese Cadaver ausgegraben haben, dass sie das Fleisch gekocht, und sich davon genährt haben, ohne dadurch an ihrer Gesundheit Schaden zu erleiden. Im Uebrigen muss anerkannt werden, dass rohes Fleisch unter Umständen dem gekochten vorzuziehen ist. Man hat schwache, abgemagerte Kinder noch mit gutem Erfolge mit rohem Fleische ernährt, wo es mit gekochtem und gebratenem allein nicht in gleicher Weise gelingen wollte. Schwieriger ist es zu entscheiden, ob dies daher rührte, dass das rohe Fleisch leichter verdaulich war, oder daher, dass die Siedhitze in den Eiweisskörpern Zerstörungen anrichtet, die ihren Nährwerth herabsetzen. Die Frage, ob denn das Fleisch durch das Kochen schwerer verdaulich werde, kann man bejahen und verneinen, je nach den Bestandtheilen des Fleisches, welche man in Betracht zieht. Die Eiweisskörper im Fleische werden durch das Kochen entschieden schwerer verdaulich, da sie gerinnen, und wir werden später sehen, dass sie von dem sauren Magensafte im gekochten Zustande viel schwerer gelöst werden, als im ungekochten Zustande. Dagegen aber wird das Bindegewebe durch das Kochen seiner Umwandlung in Leim entgegengeführt. Im rohen Fleische, welches in Stücken, nicht schon fein zerkleinert, in den Magen hineinkommt, sind die Eiweisskörper in dem Gerüste von Bindegewebe zusammengehalten und dadurch im Innern vor der Einwirkung des Magensaftes geschützt, der Magensaft kann nur auf der Oberfläche einwirken. Wenn dagegen das gekochte Fleisch in den Magen kommt, wird das Bindegewebe zwischen demselben sehr bald aufgelöst, und in Folge davon zerfällt nun das Muskelfleisch in lauter einzelne Muskelfasern, die der Einwirkung des Magensaftes leichter zugänglich sind. Ich muss übrigens hiebei von vorne herein bemerken, dass man die Brauchbarkeit einer Fleischspeise nicht immer nach ihrer leichten Verdaulichkeit beurtheilen darf. Dazu hat man allerdings Ursache bei Kranken und bei schwächlichen Personen, denen das Unverdaute lästig im Magen liegt. Wenn es sich aber darum handelt sonst gesunde und kräftige Individuen mit einer möglichst geringen Menge von Eiweisskörpern gut zu ernähren, so ist es möglicher Weise gar nicht vortheilhaft, wenn diese Eiweisskörper der Einwirkung der Verdauung zu schnell unterliegen: denn wir werden später sehen, dass gewöhnlich ein Theil der Eiweisskörper bei der Verdauung soweit verändert wird, dass die entstandenen Producte sich wahrscheinlich nicht zu Eiweisskörpern regeneriren, sondern direct weiter zerfallen, zerfallen bis zu den weiteren Zersetzungsproducten, welche endlich als solche ausgeschieden werden, während die weniger veränderten Eiweisskörper nach ihrer Resorption zum Aufbau und zum Ersatze des Organismus dienen. Es ist vielleicht nicht in jeder Hinsicht vortheilhaft, wenn der Auflösungs-, Umwandlungs- und Zerfällungsprocess, den wir Verdauung nennen, zu rasch fort-

schreitet. Es ist also vielleicht für die Oekonomie mit den Eiweisskörpern vortheilhafter, wenn dieselben nicht so schnell verdaut und, ehe sie zur Resorption kommen, nicht so weit verändert werden.

Wenn wir das Fleisch kochen, so trennen wir dabei, wenn auch unvollkommen, die in heissem Wasser löslichen und die in heissem Wasser unlöslichen Bestandtheile. Eiweiss, welches bereits in das Wasser diffundirt ist, gerinnt in demselben und wird durch das sogenannte Abschäumen entfernt. Die übrigen Eiweisskörper gerinnen im Fleische. Dagegen gehen die löslichen Bestandtheile des Fleisches grösstentheils in die Brühe über und zugleich diejenigen Eiweisskörper, welche der Gerinnung etwa entgehen, und diejenigen Eiweisskörper, welche bei längerem Kochen wieder löslich werden. Schon Mulder wusste, dass Eiweisskörper, welche durch die Hitze gerinnen, sich bei längerem Kochen theilweise, wenn auch sehr langsam wieder auflösen, indem eine lösliche Verbindung gebildet wird, welche Mulder damals Trioxyprotein nannte. Nach vierzigstündigem Kochen hatten sich von 100 Theilen coagulirten Albumins fast 34 Theile wieder aufgelöst. Endlich geht noch der Leim in die Brühe über, welcher durch das Kochen der leimgebenden Substanzen gebildet wird. Die Menge des Leimes, welcher in die Brühe übergeht, ist abhängig erstens von dem Alter des Thieres, indem bei jungen Thieren das Bindegewebe viel leichter in Leim übergeführt wird als bei alten, und zweitens von der Länge der Zeit, während welcher man kocht. Nach diesen Daten muss der Nährwerth der Fleischbrühe beurtheilt werden. Die Menge der Eiweisskörper darin ist unter allen Umständen eine geringe, um so geringer, je kürzer die Zeit ist, während welcher gekocht worden ist. In Rücksicht auf die Menge der Eiweisskörper, welche in den Organismus eingeführt werden, spielt also die Fleischbrühe eine ganz untergeordnete Rolle, weil, wie wir gesehen haben, bei Weitem der grösste Theil der Eiweisskörper im geronnenen Zustande im Fleische zurückbleibt. Ueber den Nährwerth des Leimes, welcher in die Suppe übergeht, haben wir schon früher gesprochen. Wir haben gesehen, dass er dem Körper dienen kann, insofern er in demselben zersetzt wird, und seine Verbrennungswärme oder doch den grössten Theil derselben hergibt, dass er in diesem Sinne auch als Schutzmittel für die Eiweisskörper im Organismus dienen kann, welche sonst statt seiner verbrannt worden wären, dass er aber im Körper nicht zur Erzeugung von Eiweisskörpern dient, und wahrscheinlich beim Aufbaue unseres Organismus keine wesentliche Rolle spielt. Es bleiben also die löslichen Substanzen noch übrig, die Salze, welche im Fleische enthalten sind, und diejenigen stickstoffhaltigen und stickstofflosen Bestandtheile, von denen wir schon gesprochen haben. In den Salzen führen wir die zum Aufbaue und zur Befestigung unseres Knochensystems nothwendige Phosphorsäure ein. Man bezeichnet deshalb die Salze des Fleisches auch mit dem Namen der Nährsalze. Die Kohlehydrate im Fleische sind an Menge gering, und ein Theil von ihnen ist, wenn das Fleisch in den Topf kommt, schon in Milchsäure übergegangen, wieviel, das hängt ab von der Länge der Zeit, während welcher das Fleisch gehangen hat. Wenn das Fleisch frisch in den Topf kommt, ist mehr Glycogen, Inosit und Zucker und nur wenig Milchsäure darin enthalten, wenn es längere Zeit gehangen, ist alles Glycogen in Zucker, und ein Theil des Zuckers und des Inosits in Milchsäure umgewandelt worden.

Es bleiben noch die stickstoffhaltigen Substanzen des Fleischsaftes; aber wir müssen gestehen, dass wir bis jetzt von keiner derselben mit völliger Sicherheit ihre physiologische Wirkung kennen. Es sind mit dem Kreatin, dem Kreatinin und mit dem Carnin Versuche angestellt worden, die aber bis jetzt zu keinem entscheidenden Resultate geführt haben. Es ist dies um so mehr zu bedauern, als bisher nur der hohe Preis dieser Stoffe uns gehindert hat, ausgedehntere Versuchsreihen anzustellen.

Es ist behauptet worden, das, was wesentlich in der Fleischbrühe nützlich ist, seien die sogenannten Nährsalze, und die ganze Fleischbrühe wirke wesentlich wie eine Auflösung dieser Salze. Das scheint indess mit der Erfahrung nicht übereinzustimmen. Nicht nur alle Aerzte, sondern auch alle Patienten stimmen darin überein, dass die Fleischbrühe ein Mittel sei, welches erfrische und kräftige, welches die Reconvalescenten stärke u. s. w. Ich glaube nicht, dass die Aerzte und die Patienten ein ähnlich günstiges Urtheil fällen würden, wenn man den letzteren dafür die entsprechende Menge einer warmen Lösung von phosphorsaurem Kali mit Kochsalz einflössen würde. Worauf aber die Wirkung der Fleischbrühe beruht, das können wir bis jetzt nicht sagen. So günstig wir aber auch über die Fleischbrühe als Genussmittel und als Hilfsmittel bei der Ernährung urtheilen, so können wir ihr doch keineswegs einen gleich hohen Rang als Nahrungsmittel anweisen. Wir haben früher gesehen, dass man schwachen, abgemagerten Kindern die Kuhmilch mit Fleischbrühe statt mit Wasser verdünnt, und dass man dies im Ganzen mit dem besten Erfolge gethan hat. Ganz anders hat sich aber die Sache gestellt, wenn man versucht hat, Kinder ausschliesslich mit Fleischbrühe zu ernähren, die Fleischbrühe der Milch zu substituiren. Es geschieht nicht selten, dass Kinder, die künstlich ernährt werden, die Milch, welche man ihnen verschaffen kann, durchaus nicht vertragen, dass sie von einer Diarrhoe befallen sind, die nicht steht, so lange sie die Milch bekommen, die aufhört, wenn sie ihnen entzogen wird, und gleich wieder eintritt, wenn man ihnen die Milch wieder gibt. In solchen Fällen hat man einige Male versucht, und ich bin selbst einmal unfreiwilliger Zeuge davon gewesen, solche Kinder statt mit Milch mit Fleischbrühe zu ernähren. Es tritt dann ein jäher Verfall ein, so dass man in kurzer Zeit genöthigt ist, das Regime zu ändern. Die Ursache davon ist leicht einzusehen. Die Fleischbrühe enthält relativ zum Wasser und zu den Salzen zu wenig nährende organische Bestandtheile, zu wenig Eiweisskörper, zu wenig Kohlehydrate, und das Fett nicht in so leicht assimilirbarem Zustande, wie die Milch.

Das ist auch ein Punkt, der wohl zu beherzigen ist, wenn man die Fleischbrühe als Ernährungsmittel für Kranke anwendet. Bei uns pflegt oder pflegte man an acuten Krankheiten leidenden Patienten, wenn sie stärker fiebern, namentlich Typhuskranken, Alles mit Ausnahme der „lauteren Suppe“ zu verbieten. Ich will ganz davon absehen, dass in Spitälern der Gehalt der lauteren Suppe schwer zu controliren ist: ich will voraussetzen, dass die Patienten wirklich mit einer vortrefflichen Fleischbrühe versorgt werden, so ist damit doch immer noch verhältnissmässig wenig für ihre Ernährung gethan. Es werden ihnen allerdings Salze mit der Fleischbrühe zugeführt zum Ersatz derer, die sie fortwährend durch den Urin verlieren, andererseits werden aber auch dem Blute Zersetzungsproducte von Eiweisskörpern zugeführt, mit denen es

bei Fieberkranken voraussichtlich an sich schon überladen ist. Die Menge der zugeführten organischen Nährsubstanzen ist verhältnissmässig gering. Es gehört nun aber nicht allein zu den Pflichten des Arztes, das Leben des Kranken zu erhalten, sondern auch ihm eine möglichst rasche und vollkommene Reconvalescenz zu verschaffen, ihn so wenig als möglich herunterkommen zu lassen. Dies kommt namentlich bei solchen Kranken in Betracht, für welche, wie für die Typhuskranken, die Zeit des Fieberns und des Fastens lang ist. Man hat deshalb im Norden von Deutschland und in Schweden vielfältig solchen Kranken Abkochungen von Kohlehydraten, oder vielmehr von den die Kohlehydrate enthaltenden Cerealien gegeben, durchgeseihte Abkochungen von Hafergrütze oder Gerstgraupen und von Reis. Gewöhnlich wird denselben noch Zucker und Kochsalz, und auch etwas Butter zugesetzt. In Schweden hat man mehr als anderswo und, wie es heisst, mit gutem Erfolge versucht, ihnen auch Milch zu geben. In Rücksicht auf die praktischen Erfolge, in Rücksicht auf die Mortalität bei dem einen oder bei dem andern Regime, lässt sich schwer etwas Bestimmtes aussagen, da zu viele andere Momente auf dieselbe einwirken; wenn man sich aber fragt, welches Regime dasjenige ist, welches voraussichtlich den Körper des Kranken mehr conservirt, so muss man sagen, dass es das letztere sei. Denn, wenn es gelingt, dem Kranken Milch ohne Nachtheil beizubringen, so hat er darin ein vollkommeneres Nahrungsmittel, worin alle drei Gruppen unserer Nahrungsmittel in reichlicherer Menge vertreten sind, als in der Fleischbrühe, und auch wenn es nur gelingt, die Bestandtheile der erwähnten Abkochungen, neben denen ja Fleischbrühe nicht ausgeschlossen ist, ohne Nachtheil zuzuführen, so ist damit etwas Wesentliches gewonnen, weil dadurch das Materiale des Körpers geschont wird. Alles, was über die Fleischbrühe gesagt worden ist, gilt auch mutatis mutandis für das Liebig'sche Fleischextract, indem dieses eine condensirte fettfreie Fleischbrühe ist, und auch unmittelbar zur Bereitung der Fleischbrühe benutzt wird, indem man es mit heissem Wasser verdünnt und mit Grünzeug u. s. w. aufkocht. Also auch das Liebig'sche Fleischextract ist keine Substanz, mit welcher man Jemand ernähren kann. Wenn man versuchen wollte, die dazu nöthigen Massen zuzuführen, so würde die Wirkung der Salze, namentlich der Kalisalze, die bekanntlich, wenn man über gewisse Dosen hinausgeht, eine deletäre ist, so in den Vordergrund treten, dass man in der kürzesten Zeit von diesem Versuche würde abstehen müssen.

Viel ist über den Nährwerth des ausgekochten Fleisches gestritten worden. Man hat eine Zeit lang behauptet, dass dasselbe ganz werthlos sei, weil es selbst von hungrigen Hunden verschmäht werde. Dem ist aber nicht so. Versuche, bei denen es dem Schweinefutter zugesetzt wurde, haben seinen Nährwerth bewiesen. Dass es von den Hunden verschmäht wird, hat zunächst seinen Grund in der insipiden Beschaffenheit dieses Fleisches. Die löslichen Substanzen, die ihm seinen Geschmack und Geruch verleihen, sind ihm entzogen worden. Bis zu einem solchen Grade, wie es in jenen Versuchen geschah, pflegen wir übrigens das gekochte Fleisch nicht zu erschöpfen, und seiner geringeren Wirkung auf die Geschmacksnerven und auf die Absonderung der Verdauungsflüssigkeiten pflegen wir dadurch abzuhelfen, dass wir es mit reizenden Substanzen, mit pikanten Saucen geniessen, wir pflegen Fett hinzuzufügen u. s. w.

Auf diese Weise machen wir einen ausgedehnten Gebrauch davon, und offenbar mit gutem Erfolge, da Dienst- und Arbeitsleute überall Werth darauf legen, nicht nur die Suppe zu bekommen, sondern auch das Fleisch, von dem die Suppe gekocht ist.

Wenn wir das Fleisch braten, so pflegen wir es vorher noch längere Zeit nach dem Schlachten aufzubewahren, als dies bei dem Fleische, das für die Suppe bestimmt ist, zu geschehen pflegt. Die Erfahrung lehrt, dass dann das Fleisch beim Braten mürber, dass es zarter wird, und das beruht darauf, dass sich die Kohlehydrate im Fleische während des Hängens mehr oder weniger vollständig in Milchsäure umsetzen, dass diese Milchsäure auf das Bindegewebe des Fleisches einwirkt, es in aufgequollenen Zustand versetzt und nun macht, dass es beim Braten vollständiger in Leim übergeführt wird, als dies beim frisch geschlagenen Fleische der Fall sein konnte. Auch auf das Muskelfleisch selbst wirkt wahrscheinlich die gebildete Säure, denn wir wissen, dass auch die Muskelfasern in verdünnten Säuren aufquellen, wenn sie auch keiner solchen Metamorphose entgegengeführt werden, wie dies bei den leimgebenden Geweben der Fall. Hiemit hängt es auch zusammen, dass das Fleisch von Thieren, welches beim Braten besonders schwer mürbe wird, z. B. das von alten Auerhähnen erst in Essig eingebeizt wird und längere Zeit in Essig liegen muss. Der Essig thut hier denselben Dienst in noch energischerer Weise, den beim Hängen des Fleisches die in den Muskeln gebildete Milchsäure leistet. Die Essigsäure wirkt auf das Bindegewebe und in zweiter Reihe auf die Muskelfasern. Das Braten selbst hat den Vortheil, dass es die löslichen Bestandtheile erhält, mit Ausnahme des Bruchtheiles, der in die Sauce übergeht, und dass es an der Oberfläche des Fleisches Zersetzungsproducte erzeugt, die erregend auf unsere Geschmacksnerven wirken.

Anderweitige Processe, das Fleisch für die Consumption vorzubereiten, bestehen darin, dass man es räuchert oder selcht, Processe, die in ihren Zwecken identisch sind, beide darauf hinauslaufen, gewisse Destillationsproducte des Holzes dem Fleische einzuverleiben, nur dass dies beim Räuchern und beim Selchen in verschiedener Weise geschieht. Früher wurde namentlich im Norden von Europa sehr viel geräuchertes Fleisch in rohem Zustande genossen. In neuerer Zeit, seit die Trichinenfurcht sich über Europa verbreitet hat, geschieht dies nicht mehr in derselben Ausdehnung wie früher. Es ist wahrscheinlich, dass das rohe geräucherte Fleisch mindestens einen ebenso hohen, vielleicht einen höheren Nährwerth hat als das gekochte, und die Erfahrung lehrt auch, dass manche Reconvalescenten früher rohes geräuchertes Fleisch, westphälischen Schinken, vertragen als frisches Fleisch. Wenn dagegen das geräucherte Fleisch noch gekocht wird, so wird es härter, widerstandsfähiger und schwerer verdaulich als das frisch gekochte oder gebratene Fleisch. Es muss das Kranken und schwächlichen Individuen gegenüber berücksichtigt werden. Es geht aber keineswegs daraus hervor, dass das gekochte geräucherte Fleisch, abgesehen davon, dass ihm während des Pökelns ein Theil seines Saftes und damit auch Eiweiss entzogen ist, ein schlechteres Nahrungsmittel für sonst gesunde aber nahrungsbedürftige Individuen ist: denn wir haben schon früher gesehen, dass möglicher Weise das am leichtesten verdauliche Fleisch gar nicht dasjenige ist, welches für den

Körper am vortheilhaftesten ausgenützt wird. Es zeigt sich, dass die meisten Leute eine grössere Menge von Fleisch vertragen, wenn sie abwechselnd frisches und geräuchertes Fleisch bekommen, als wenn sie nur frisches bekommen. Manche Menschen, die es nicht durchführen können, Mittags und Abends frisches Fleisch zu essen, die davon Diarrhoe bekommen, können es durchführen, Mittags frisches, Abends geräuchertes Fleisch oder umgekehrt zu essen. Der Vorwurf, dass gesalzenes und geräuchertes Fleisch Scorbut erzeuge, gilt nur da, wo ausschliesslich Salzfleisch genossen wird, und frisches Fleisch und frische Gemüse fehlen.

Einer besonderen Erwähnung verdient noch das Fleisch der Fische. Es enthält alle nahrhaften Bestandtheile des Fleisches der Säugethiere und der Vögel, aber es hat einen grösseren Wassergehalt. Es kann also vollkommen die Fleischnahrung ersetzen, nur müssen etwas grössere Quantitäten davon eingeführt werden. Dass die Fische die Fleischnahrung vollkommen ersetzen können, das zeigt sich an der Fischerbevölkerung der deutschen Nord- und Ostseeküsten, die das ganze Jahr über, ausser an den höchsten Festtagen, kein anderes Fleisch als Fischfleisch isst, und nichtsdestoweniger sich durch Grösse, Stärke, Arbeitsfähigkeit und namentlich durch Ausdauer in Wind und Wetter auszeichnet. Bei uns im Binnenlande haben die Fische im Allgemeinen Luxuspreise, so dass sie keine wesentliche Rolle bei der Volksernährung spielen. Es könnte dies jedoch an einigen Orten, namentlich an den Seen Oberösterreichs und des Salzkammergutes anders sein. Ein Theil unserer ländlichen Bevölkerung in jenen Gegenden leidet unter dem Mangel an Fleischnahrung. Die Leute essen nicht gerade wenig, sie hungern nicht, aber sie essen unzweckmässig. Dass sie wirklich durch den Mangel an Fleischnahrung leiden, davon überzeugt man sich am besten, wenn man von Dorf zu Dorf geht und sich überall die Familie des Fleischhauers ansieht. Diese scheint immer einer andern Menschenrace, als die übrige ländliche Bevölkerung anzugehören. Der Fehler wird schon während der Aufzucht gemacht. Das Fleisch, welches zu Hause in der Familie gekocht und mit den Kindern verzehrt werden sollte, isst der Vater Sonntags im Wirthshause, und die Kinder, denen es vor andern Noth thäte, werden fast ausschliesslich mit vegetabilischer Nahrung und Milch gefüttert. Und doch könnten an manchen dieser Seen, z. B. am Attersee, die müssigen Kinder leicht so viel Fische mit der Angel fangen, wie sie zur Regulirung ihrer Ernährung brauchen. Aber die ordinären Fische, die verschiedenen Cyprinusarten, die dort in Menge vorkommen, sind verachtet, weil sie viele Gräten haben. Man überlässt ihren Fang, auch da wo Niemand am Angeln gehindert wird, ja oft da, wo das Haus selbst eine Fischereigerechtigkeit besitzt, ausschliesslich den Fischern von Profession, und diese füttern damit Forellen und Saiblinge, um solche um hohen Preis nach Ischl und nach Wien zu verkaufen.

Die Vogeleier.

Das Volk schreibt den Eiern einen ganz besondern Nährwerth zu. Wenn wir die Menge der Eiweisskörper in den Eiern mit denen im Fleische vergleichen, so ist dies durchaus nicht gerechtfertigt. Ausser dem Vitellin, dem Eiweisskörper des Dotters, enthält der letztere ein

leicht verdauliches Fett. Aber auch das kann die grosse Vorstellung nicht rechtfertigen, welche man sich von dem Nährwerth der Eier gebildet hat. Es ist jedoch die Möglichkeit vorhanden, dass die Eier wirklich in einer bestimmten Beziehung mehr werth sind als das Fleisch: sie enthalten in ihrem Dotter eine beträchtliche Menge von Lecithin. Nun wissen wir, dass das Lecithin ein wesentlicher Bestandtheil unserer Blutkörperchen und unseres Nervenmarkes ist; wir wissen aber bis jetzt nicht, ob wir es in unserem Organismus bilden können, oder ob wir es in Substanz einführen müssen. Sollte das letztere der Fall sein, dann würde man allerdings dem Eidotter einen besonderen Werth zuschreiben müssen, weil wir mit ihm eine beträchtliche Menge Lecithin in den Organismus einführen.

Pflanzliche Nahrungsmittel.

Unter den einheimischen Getreidesorten nimmt der Weizen den ersten Platz ein. Er steht zunächst vor allen andern Getreidesorten oben an mit der Menge seiner Eiweissstoffe, indem er im Mittel 135,37 auf 1000 Theile enthält. Er wird an Stärkemehl, wovon er 568,64 auf 1000 enthält, und an Kohlehydraten überhaupt nur vom Reis und vom Mais übertroffen, und nur der Reis enthält weniger Zellstoff als er. An Fett ist er relativ arm, er enthält nur 18½ pro mille.

Einen besonderen Werth erhält der Weizen, wie schon erwähnt, dadurch, dass er einen grossen Theil seiner Eiweissstoffe in Gestalt von Kleber enthält, und deshalb aus ihm das leichteste und poröseste Brod gebacken werden kann.

Die Bereitung des Brodes besteht bekanntlich darin, dass aus dem Weizenmehl ein Teig angemacht, dass derselbe gesalzen wird, und dass man ihn dann einem Gährungsprocesse überlässt, vermöge dessen sich Kohlensäure entwickelt, die den Teig blasig auseinandertreibt, ihn porös macht, dass dann das Ganze in eine erhöhte Temperatur gebracht wird, um die Stärke in Kleister, beziehungsweise in Dextrin und Zucker überzuführen, um das Brod, wie man sich ausdrückt, gar zu machen. Der mittlere Theil des Brodes bleibt feucht, die Rinde aber trocknet aus, ihre Temperatur steigt auf 120° und darüber, und so wird ihr Amylum in ein Gemenge von löslicher Stärke und Erythrodextrin umgewandelt, wie wir es unter dem Namen des Leiokoms, des gewöhnlichen käuflichen Dextrins, durch Rösten von Stärke bereiten. Deshalb ist auch ein viel grösserer Theil der Rinde im Wasser löslich als von der Krume des Brodes. Es sind also die Laien im Rechte, wenn sie glauben, dass die Rinde des Brodes leichter verdaulich sei als die Krume desselben. Denn in der Krume ist nur das Dextrin enthalten, welches sich beim Säuerungsprocesse, beim Gährungsprocesse, bildete und dem Zerfalle in weitere Producte, Zucker, Milchsäure, Alkohol und Kohlensäure entging, in der Rinde aber ist das ganze Amylum durch Rösten verändert.

Bei der Gährung des Brodteiges wird ein, wenn auch nicht grosser Theil der Eiweisskörper zerstört. Man hat daran gedacht, dies zu vermeiden, indem man die Gasblasen, welche den Teig auseinandertreiben

sollen, auf andere Weise erzeugt. Man hat dem Brodteige nach einander kohlensaures Natron und Salzsäure zugesetzt. Auf diese Weise hat man einmal das Kochsalz erzielt, das man dem Teige sonst als solches zusetzt, und zweitens auch die Kohlensäure, welche dazu dient, das Brod porös und leicht zu machen. Hierauf beruht die Bereitung des englischen Patentbrodes. Es hat dasselbe aber keine grosse Verbreitung gefunden, wenigstens bei uns nicht, weil es einen faden Geschmack hat, weil ihm eben derjenige specifische Geschmack fehlt, welcher dem Brode durch den Gährungsprocess gegeben wird.

Nach dem Weizen ist bei uns zu Lande der Roggen zu nennen. Er steht an Eiweisskörpern nicht unbeträchtlich niedriger als der Weizen, mit $107\frac{1}{2}$ in 1000, er steht an Stärkemehl gleichfalls niedriger, aber nur unbedeutend, mit 555 in 1000 gegen $568\frac{1}{2}$ im Weizen, dafür enthält er eine grössere Menge von Dextrin, $84\frac{1}{2}$, während der Weizen nur $46\frac{1}{2}$ enthält, aber etwas weniger Zucker als der Weizen, indem der Weizen davon $48\frac{1}{2}$, der Roggen $28\frac{3}{4}$ pro mille enthält. Ausserdem enthält der Roggen eine grössere Menge von Zellstoff, $49\frac{1}{2}$, während der Zellstoff des Weizens sich nur mit $32\frac{1}{2}$ berechnet. Der Roggen gibt ferner, weil der Teig, der aus dem Roggenmehl bereitet wird, weniger zähe ist, ein weniger poröses, ein weniger leichtes Brod als der Weizen. Man kann aber nicht sagen, dass dieses Brod denjenigen, die einmal daran gewöhnt sind, nachtheilig sei. Die Vorwürfe, welche namentlich von englischen Schriftstellern dem Roggenbrode gemacht worden sind, sind völlig ungerecht. Die Erfahrung von Jahrhunderten hat bewiesen, dass eine Bevölkerung sich bei Roggenbrod gerade so gut ernähren kann, dass sie eben so stark und so kräftig sein kann, wie bei Weizenbrod, wenn es nur nicht an den übrigen Nahrungsmitteln fehlt. Im ganzen Norden des europäischen Continents ist das Weizenbrod ein Luxusbrod. Das wesentliche Nahrungsmittel an Brod ist Roggenbrod. Die Kriebelkrankheit, der morbus convulsivus cerealis, die Vergiftung mit Mutterkorn, kommt jetzt, wo der Mühlenprocess besser geregelt und beaufsichtigt, und die Bevölkerung selbst über das Mutterkorn aufgeklärt ist, nur noch selten vor.

Dem Roggen reiht sich die Gerste an, die in Rücksicht auf die Eiweisssubstanzen sogar höher steht als der Roggen. Die Eiweisssubstanzen der Gerste berechnen sich mit $122\frac{1}{2}$ auf 1000, aber die Menge des Zellstoffes ist noch bedeutend grösser ($97\frac{1}{2}$ in 1000) als beim Roggen und die Menge des Stärkemehls ist geringer, $482\frac{1}{2}$ auf 1000 Theile. Die Gerste wird ausnahmsweise und im hohen Norden zu Brod verbacken, oder richtiger gesagt, mit unter das Brod verbacken; sonst wird sie im Allgemeinen nur als Mehl, als Grütze verbraucht. Dasselbe gilt vom Hafer. Der Hafer steht in Rücksicht auf die Eiweisskörper schon bedeutend niedriger mit $90\frac{1}{2}$ in 1000 und sein Zellstoff steigt schon auf $116\frac{1}{2}$. Der Stärkemehlgehalt ist wieder etwas höher als bei der Gerste, $503\frac{1}{2}$ in 1000. Auch der Hafer wird nur im hohen Norden noch mit unter das Brod verbacken, sonst wird das Mehl desselben nur als solches zu Brei verkocht oder anderen Speisen zugesetzt. Vielfältig wird der Hafer zu Grütze vermahlen, aus welcher eine vortreffliche Tisane für Kranke gewonnen wird. In Schweden und namentlich in Schottland ist das Hafermehl und die Hafergrütze mehr Nahrungsmittel als dies in den übrigen Ländern Europas der Fall ist. Hafer und Gerste werden deshalb

in den nördlichen Ländern mehr cultivirt, weil sie noch in der kurzen Frist eines nordischen Sommers zur Reife gebracht werden können.

In dieser Beziehung müssen wir diesen Getreidesorten noch eine andere Frucht anschliessen, den Buchweizen oder Heiden, das Heidenkorn, angeblich so genannt, weil es die Hunnen mit nach Europa gebracht haben sollen. Der Buchweizen geht in seinem Gehalte an Eiweissstoffen noch unter den Hafer herunter, er enthält nur 78 auf 1000 Eiweisskörper, er enthält an Stärkemehl 457 in 1000, dabei aber eine fast doppelt so grosse Menge von Zellstoff als der Hafer. Nichtsdestoweniger wird er in grosser Ausdehnung angebaut, weil er eine verhältnissmässig kurze Frist zur Zeitigung gebraucht. Er wird aus diesem Grunde im hohen Norden von Europa angebaut, aber auch bei uns, namentlich in Steiermark, in grosser Ausdehnung als zweite Ernte.

Ein wichtiges Volksnahrungsmittel im Süden von Europa ist der Mais. Der Mais steht an Eiweisskörpern unter unsern geringsten Getreidesorten. Er hat nämlich davon nur 79 pro mille. Er steht aber an Stärkemehl über unsern besten Getreidesorten, indem er $637\frac{1}{2}$ pro mille Stärke aufweist, und dabei enthält er mehr Fett als irgend eine andere Getreidesorte, er enthält im Mittel 5% Fett. Dieser Fettgehalt kann nach Dumas fast auf 9% ($87\frac{1}{2}$ in 1000) steigen. Dieser grosse Fettgehalt ist es, welcher den Mais namentlich zum Mastmittel geeignet macht, welcher ihm aber offenbar auch einen Werth als Nahrungsmittel für Menschen gibt. Bekanntlich ist in einem grossen Theile von Italien der Mais so sehr Volksnahrungsmittel, dass man sagen kann, der Mais sei das eigentliche, das Hauptnahrungsmittel der niederen Bevölkerung. Dem Mais haftet der Vorwurf an, dass er Veranlassung gebe zum Pellagra, zum Mal del sole, aber nicht der Mais an und für sich, sondern der durch einen Pilz verderbte, der einer Krankheit, einer Verderbniss unterworfene, die man in Italien mit dem Namen Verderame (Grünspan) bezeichnet.

Der Reis steht unter allen Getreidesorten, welche wir erwähnt haben, in Rücksicht auf die Eiweisskörper am allerniedrigsten. Er hat nur etwa 51 pro mille. Dagegen steht er am allerhöchsten in Rücksicht auf Stärkemehl, er enthält davon 823 auf 1000. Ausserdem enthält er noch etwas Dextrin und Zucker. Wir können uns mit keinem natürlichen Nahrungsmittel so entschieden auf Kosten von Kohlehydraten ernähren, als wenn wir Reis zu uns nehmen, oder richtiger gesagt, unter unseren Nahrungsmitteln ist kein Naturproduct, mit dem wir Kohlehydrate, insonderheit Stärke, in so concentrirter Form einführen könnten. Damit hängt es aber auch zusammen, dass Bevölkerungen, welche wie die Hindu in der Weise auf den Reis angewiesen sind, dass dieser Hauptnahrungsmittel und fast ausschliessliches Nahrungsmittel ist, in ihrer physischen Constitution zurückgehen, weil sie nicht die hinreichende Menge von Eiweisskörpern zu sich nehmen. Neben Fleisch oder anderweitiger stickstoffreicher Nahrung, und in gleichzeitiger Verbindung mit Fett ist aber natürlich der Reis ein vortreffliches Nahrungsmittel.

Die Früchte der Leguminosen sind zwar kein so allgemeines und entschiedenes Volksnahrungsmittel, wie die Getreidesorten, aber sie bilden doch eine wesentliche Hilfe nicht nur wegen der Kohlehydrate, wovon sie etwa 50 Procent enthalten, grösstentheils Amylum, sondern durch

ihren bedeutenden Gehalt an Eiweisskörpern, besonders an Legumin, welches mit dem Amylum zusammen in den Zellen eingelagert ist. Diese Eiweisssubstanzen steigen hier viel höher, als sie bei irgend einer Getreidesorte steigen. Die Erbsen haben 223½ pro mille, die Schminkbohnen 225½ und die Linsen sogar 265 pro mille. Die Linsen sind also das stickstoffreichste Pflanzennahrungsmittel, das uns überhaupt zu Gebote steht, und sie sind am meisten geeignet, da, wo es an thierischer Nahrung fehlt, diese zu ersetzen. Freilich muss man bei allen diesen Werthbestimmungen berücksichtigen, dass es an genauen Untersuchungen darüber fehlt, wie viel von den stickstoffhaltigen Substanzen im verdaulichen Zustande in der Frucht enthalten sei, und thatsächlich zur Nahrung dienen könne. Klein ist aber die Summe der nährenden Eiweisskörper in den Leguminosen sicher nicht; das zeigt die Menge des Legumins, das man direct in Lösung gewinnen kann.

Ausser den Samen der Getreidearten und der Leguminosen ist bei uns in Mitteleuropa und auch im nördlichen Europa die zweite Basis der Volksernährung die Kartoffel. Wenn man die Zusammensetzung der Kartoffeln ansieht, so findet man, dass sie an Eiweisssubstanzen sehr wenig enthalten, nur etwas über 13 pro mille, und dass sie selbst in Rücksicht auf das Stärkemehl niedrig stehen, indem sie nur 154½ pro mille enthalten. Es hängt dies mit dem grossen Wassergehalte zusammen, welchen sie verglichen mit den Samen der Getreidearten und der Leguminosen haben. Sie sind also im Allgemeinen ein wenig concentrirtes und ausserdem an Zellstoff ziemlich reiches Nahrungsmittel. Dass sie dennoch die halbe Welt erobert haben, das hängt zusammen mit den Productionsverhältnissen und den wiederum von diesen Productionsverhältnissen abhängigen Preisen Es kann eben in einem grossen Theile von Mittel- und Nordeuropa ein gegebener Nährwerth auf keine andere Weise so wohlfeil erbaut werden als durch den Kartoffelbau, und deshalb ist die Kartoffel in diesem Theile von Europa eine nothwendige Grundlage der Volksernährung geworden. Alles, was man in früherer Zeit den Kartoffeln Nachtheiliges nachgesagt hat, ist unrichtig. Die Kartoffeln sind ein gutes und ein vortreffliches Nahrungsmittel, so lange man noch ein anderes stickstoffreicheres und ausserdem Fett daneben hat: sie bewähren sich, so lange es an der hinreichenden thierischen Nahrung, bestehe sie in Fleisch oder in Fischen, nicht gebricht. Das zeigt wiederum die Bevölkerung der deutschen Ost- und Nordseeküsten, welche Kartoffeln in grösster Ausdehnung geniesst, der aber dabei noch Fische als thierisches Nahrungsmittel zu Gebote stehen. Auch die Irländer haben sich bei der Kartoffelnahrung im Allgemeinen nicht schlecht befunden, indem sie neben derselben Buttermilch in grossen Quantitäten zu sich nahmen. Vor dem Hereinbrechen der Kartoffelkrankheit bestand die Basis der ganzen Ernährung des armen Irländers auf dem Lande wesentlich darin, dass er Kartoffeln ass, und dass er Buttermilch dazu trank: er ist dabei gediehen und hat ein sprichwörtlich hohes Alter erreicht. Eine verheerende Seuche, der sogenannte Hungertyphus, brach erst aus, nachdem die Kartoffeln in Folge der Kartoffelkrankheit verdorben waren. Nur eines kann man den Kartoffeln mit Recht nachsagen, dass sie, wenn sie von Jugend auf in grosser Menge genossen werden, weite Bäuche machen, und an ein grosses Volum von Nahrungsmitteln gewöhnen. Das hat sich

auch damals in Irland gezeigt. Es wurde von den Engländern sogleich werkthätige Hilfe geleistet und Fleisch, Weizenbrod u. s. w. nach der grünen Insel geschickt; es zeigte sich aber, dass man viel zu kurz gerechnet hatte, weil die Irländer, an ein grosses Volum von Nahrung gewöhnt, von diesen nahrhaften und concentrirten Nahrungsmitteln eine viel grössere Menge consumirten als der von Jugend auf mit ihnen ernährte Engländer.

Als weitere vegetabilische Nahrungsmittel haben wir die auf verschiedene Art zubereiteten Wurzeln und Rüben und die Gemüse, namentlich die verschiedenen Arten von Kohl und Kraut, welche wir geniessen, zu erwähnen. Sie sind alle im Verhältnisse wenig concentrirte Nahrungsmittel, indem sie bei ihrem grossen Wassergehalte weder hervorragende Mengen von Eiweisskörpern, noch von Kohlehydraten enthalten. Sie werden also auch im Allgemeinen nicht die Grundlage der Volksernährung bilden, selbst bei uns Deutschen nicht, die wir bei unseren westlichen Nachbarn als Sauerkrautesser bekannt sind; aber sie unterstützen dieselbe und bringen eine wohlthätige Abwechselung in unsern Tisch, welche uns vor den Uebeln bewahrt, welche eine zu einförmige Ernährung nach sich zieht, und zugleich das beste Heilmittel gegen diese Uebel ist. Dasselbe muss man von den Baumfrüchten sagen. Diese spielen noch weniger als die Gemüse eine wesentliche Rolle in der Ernährung im Grossen und Ganzen. Sie sind, wenigstens in unseren Klimaten, mehr Genussmittel. Abgesehen von der Abwechselung, die sie auf unserem Tische hervorbringen, ist der grosse, der specifische Nutzen für die Gesundheit, welchen man ihnen zugeschrieben hat, durch nichts bewiesen. Es wird oft behauptet, namentlich von Laien, dass das Obst besonders gesund sei. Manche Eltern, die ihren Kindern aus Aengstlichkeit alles Mögliche entziehen, lassen sie Obst nach Belieben essen, denn Obst, heisst es, ist ja sehr gesund. Das sind Redensarten, die durch nichts begründet sind. Wenn man die Kinder in den Gegenden ansieht, wo sie Obst essen können, so viel sie wollen, so sind sie nicht gesünder als die andern, die davon wenig oder nichts bekommen. Der einzige Unterschied ist der, dass sie häufiger an Diarrhoe leiden, allenfalls auch, dass sie schlechtere Zähne haben, was indessen nicht immer zutrifft.

Gegohrene Getränke.

Wir machen hier billig mit dem ältesten derselben, mit dem Weine den Anfang. Der Wein entsteht aus dem Traubensafte bekanntlich dadurch, dass ein grösserer oder geringerer Theil des Zuckers, der darin enthalten ist, in Kohlensäure und Alkohol zerfällt. Die Menge des Zuckers, welcher der Zersetzung anheimfällt, und somit der Alkoholgehalt des Weines, hängt einerseits ab von der Menge des ursprünglich vorhandenen Zuckers, andererseits von der Menge der stickstoffhaltigen Substanzen, die den Gährungsprocess kürzere oder längere Zeit unterhalten. Es ist viel gestritten worden über die Vorzüge und die Nachtheile des Weines. Es ist viel darüber gestritten worden, ob man den Kindern schon in verhältnissmässig früher Zeit Wein geben dürfe, oder

ob man ihnen denselben vorenthalten solle, bis sie erwachsen sind. Es sind dies Fragen, die schwer allgemein zu beantworten sind. In Rücksicht auf die Kinder handelt es sich um die Körperbeschaffenheit der einzelnen, und um die Menge des Weines, welche ihnen verabreicht werden soll. Man kann aber im Grossen und Ganzen fragen: Wie sieht es aus mit der Bevölkerung und dem Gesundheitszustande in denjenigen Ländern, wo der Wein wächst und von dem grössten Theile der Bevölkerung genossen wird, und da, wo er nicht wächst? Da muss man dann sagen, dass man die üblen Folgen des Weines für die Gesundheit häufiger in denjenigen Ländern sieht, in denen der Wein nicht wächst, als man sie in den Ländern sieht, wo er wächst. In einem grossen Theile der Weinländer wird der Wein nicht häufig im Uebermasse genossen, weil das Klima nicht dazu auffordert. Aber auch da, wo er wie bei uns, in verhältnissmässig bedeutender Menge genossen wird, sieht man doch die Nachtheile davon weniger, als man sie gerade in denjenigen Ländern sieht, wo der Wein nur einer geringeren Menge von Individuen zugänglich ist, wo er nicht wächst, wo er allerlei Reisen und Proceduren durchgemacht hat, ehe er an Ort und Stelle ankam. Jedenfalls kann man dem Weine das Gute nachsagen, dass er unter den drei gegohrenen Getränken, Wein, Bier und Branntwein, dasjenige ist, welches noch am wenigsten nachtheilig auf die physischen und moralischen Eigenschaften der Volksmassen gewirkt hat. Er ist in neuerer Zeit vielfältig durch das Bier verdrängt worden, und man sieht manchmal darin einen wesentlichen Vortheil, weil man das Bier für besonders nahrhaft hält, und in der That auch die Erfahrung lehrt, dass Leute beim Biertrinken im Allgemeinen Fleisch und Fett ansetzen, und dass manche Kranke, welche man auch mit Zuhilfenahme von Wein nicht mehr in die Höhe bringen kann, in ihrer Ernährung durch Bier noch wieder gehoben werden. Man kann aber nicht glauben, dass es das Bier direct ist, das so ernährt, wenn man bedenkt, dass die nährenden Substanzen, Dextrin, Zucker und Pflanzeneiweiss, in guten Bieren fünf bis sechs Procent betragen. Dem Alkohol, der im Körper unvollkommen zersetzt wird, könnte man nur einen höchst untergeordneten Werth als sogenanntes Respirationsmittel zuschreiben. Der Alkohol ist aber auch im Weine enthalten, wie im Biere; hier also, wo es sich um den grösseren Nährwerth des Bieres handelt, kann er überhaupt nicht in Betracht gezogen werden; aber das Bier ist, ausserdem dass es ein alkoholisches Getränk ist, ein bitteres Mittel. Bei Individuen also, die sonst ihre Nahrung nicht gut ausnützen und verdauen, kann das Bier mit dazu dienen, dass sie ihre Nahrung besser ausnützen und auch eine grössere Menge von Nahrung bewältigen. Das geschieht aber nur, so lange das Bier in mässiger Quantität genossen wird. Wird das Bier in unmässiger Quantität genossen, dann zeigt sich die gegentheilige Wirkung, die Leute gehen in ihrem Nahrungsbedürfnisse herunter, und nehmen dann auch nicht mehr an Kraft zu, sondern ab. Ich brauche ferner nicht darauf hinzuweisen, dass das Bier mehr als der Wein eine gewisse Schwerfälligkeit des Körpers und des Geistes hervorbringt, die leider manchmal massenhaft und in sehr ausgeprägter Weise zur Erscheinung kommt. Auch vermindert es, wenn es im Uebermasse genossen wird, in auffälliger Weise die Widerstandsfähigkeit gegen acute Krankheiten, so dass häufig anscheinend kräftige und torose Individuen

denselben in kurzer Zeit, und für diejenigen, welche diesen Umstand nicht kennen, in räthselhafter Weise unterliegen.

Das dritte, und das mit Recht am meisten verschrieene und verfolgte gegohrene Getränk ist der Branntwein. Es ist so viel über den Genuss desselben geschrieben und gesprochen worden, und der Streit ist so allgemein in die Laienwelt eingedrungen, dass ich hier nur auf einzelne Punkte aufmerksam machen will. Man entschuldigt bisweilen den Branntweingenuss in dem armen Theile der Bevölkerung damit, dass man sagt: Die armen Leute hungern und frieren, sie haben kein Geld, sich Nahrung zu kaufen, und deshalb kaufen sie sich Branntwein, um sich zu erwärmen. Das würde richtig sein, wenn die Verbrennungswärme des Branntweines grösser wäre, als die Verbrennungswärme des Getreides oder der Kartoffeln, aus welchen der Branntwein gebrannt worden ist. Das kann aber unmöglich der Fall sein. Wenn das Amylum in Zucker umgewandelt wird, und der Zucker vergährt, so wird dabei Wärme gebildet; die Maische erwärmt sich bekanntlich nicht unbedeutend, es wird also Wärme frei, es wird lebendige Kraft aus der vorhandenen Spannkraft gebildet, die sich von der ursprünglichen Verbrennungswärme subtrahiren muss. Ausserdem wird ein gasförmiges Product gebildet, die Kohlensäure, welche entweicht; dazu wird wiederum lebendige Kraft gebraucht. Es ist also ganz unmöglich, dass das Aequivalent von Alkohol eine eben so grosse Verbrennungswärme habe, als die Stärke hatte, aus welcher der Alkohol bereitet wurde. Wenn Sie nun ausserdem berücksichtigen Regiekosten, Steuern, Gewinn u. s. w., so sehen Sie leicht ein, dass der arme Mann seine Wärme in Gestalt von Branntwein ausserordentlich viel theurer bezahlt, als er sie in Gestalt von Brod oder in Gestalt von Kartoffeln bezahlen würde. Der Branntweingenuss bei der armen nicht arbeitenden Bevölkerung hat keine physiologische, höchstens eine psychologische Entschuldigung. Etwas anders verhält es sich bei der arbeitenden Bevölkerung. Diese hat bei der schweren Arbeit häufig nicht die hinreichende Musse, ihre Nahrungsmittel zu bewältigen, die Menge von Nahrungsmitteln zu bewältigen, welche sie bei der Arbeit braucht, und sie nimmt deshalb mit der Nahrung Branntwein zu sich, um bald wieder zur Arbeit aufgelegt zu sein, um wieder arbeiten zu können, und zugleich auch, um sich in einen gewissen Aufregungszustand zu versetzen, welcher sie lebhafter, freudiger zur Arbeit macht, und welcher ihnen auch eine grössere Widerstandsfähigkeit gegen die Einflüsse der Witterung und gegen Strapazen gibt. Es hat sich vor vielen Jahren in der preussischen Armee gezeigt, dass die Mitglieder der Mässigkeitsvereine bei Märschen und Uebungen von den Strapazen und den Temperatureinflüssen mehr litten, dass sie häufiger in Folge derselben erkrankten, als die übrigen Soldaten, was aber wohl zum Theile daher rührte, dass ihnen, wie dies aber auch bei dem nordischen Arbeiter der Fall ist, der Wein des Preises wegen unzugänglich war, und sie sich deshalb darauf angewiesen sahen, entweder unvermischtes Wasser oder das damals auf dem Lande meist sehr schlechte Bier zu trinken. Wenn man aber auch zugeben muss, dass für die arbeitende Bevölkerung ein mässiger Branntweingenuss nicht geradezu schädlich ist, und dass derselbe sie unter Umständen in ihrer Thätigkeit fördert, so kann man doch andererseits nicht in Abrede stellen, dass das, was über die Folgen des übermässigen Branntweingenusses gesagt und

geschrieben wurde, in grosser Ausdehnung begründet ist, und dass man deshalb das Fortschreiten des Bieres gegenüber dem Branntweine im Ganzen als eine Wohlthat für die Menschen ansehen muss.

Ich will die Lehre von den Nahrungsmitteln nicht schliessen ohne noch einige Daten über den täglichen Verbrauch an solchen anzugeben. Nach J. Forster enthielt die tägliche Nahrung von vier erwachsenen Männern im Mittel 2945,9 Gramme Wasser, 131,2 Grm. Eiweisssubstanzen, 88,4 Grm. Fett und 392,3 Grm. Kohlehydrate. Die Menge der Eiweisskörper ist möglicher Weise zu hoch angegeben, da sie aus dem Stickstoffgehalt des Trockenrückstandes berechnet wurde. Es waren in diesen Nahrungsmengen zusammen 312,2 Grm. Kohlenstoff und 20,3 Grm. Stickstoff. Viel geringere Mittelwerthe gab die Kost von Pfründnerinnen. Hier fand sich 67 Grm. Eiweiss, 38,2 Grm. Fett und 265,9 Grm. Kohlehydrate. Das 7 Wochen alte Kind eines Arbeiters verzehrte täglich 29,3 Grm. Eiweiss, 19,5 Grm. Fett und 120 Grm. Kohlehydrate. Das im fünften Lebensmonat stehende Kind eines Beamten, das mit condensirter Milch genährt wurde, 21,28 Grm. Eiweiss, 18,39 Grm. Fett und 120 Grm. Kohlehydrate. Diese Zahlen illustriren deutlich wie viel grösser das Nahrungsbedürfniss des Kindes im Vergleiche zu seinem Gewichte ist, denn das 7 Wochen alte Kind des Arbeiters verzehrte täglich 4,5 Grm. Stickstoff und 81 Grm. Kohlenstoff, also an Stickstoff zwischen $\frac{1}{5}$ und $\frac{1}{4}$, an Kohlenstoff mehr als $\frac{1}{4}$ von dem, was ein erwachsener Mann consumirte.

Die Verdauung.

Der Speichel.

Wir haben bis jetzt von den Nahrungsmitteln als solchen gehandelt und gehen nun über zu den Veränderungen, welche sie innerhalb des Körpers erleiden, zu der Lehre von der Verdauung. Der erste Verdauungssaft, mit welchem die Nahrungsmittel in Berührung kommen, ist der gemischte Mundspeichel. Auf die Fette und auf die Eiweisskörper scheint derselbe keine besondere Einwirkung zu haben; aber seit einer Reihe von Jahren ist es durch Leuchs bekannt, dass der Speichel die Stärke in Dextrin und Zucker umwandelt. Er übt diese Wirkung nur langsam und schwierig aus auf rohe Stärke, dagegen übt er sie bei der Temperatur des menschlichen Körpers in sehr kurzer Zeit aus auf gekochte Stärke, auf Stärkekleister, und es ist ja bekannt, dass wir alle Stärke, welche wir geniessen, entweder im gekochten oder gerösteten Zustande zu uns nehmen. Um sich von der Einwirkung des Speichels auf Stärkekleister zu überzeugen nimmt man eine Portion Mundspeichel, setzt dazu etwas dünnen Stärkekleister, schüttelt beides durcheinander und stellt es in ein Wasserbad von 38°. Nach kurzer Zeit, schon in den ersten Minuten, bemerkt man, wenn man die Flüssigkeit herausnimmt, dass in derselben eine Veränderung eingetreten ist. Man findet, dass sie weniger trüb, weniger undurchsichtig ist, und auch weniger dicklich. Sie ist dünnflüssiger, limpider, und wenn man jetzt ansäuert und Jodtinctur hinzusetzt,

so findet man, dass nicht die tiefblaue Färbung der Stärke auftritt, sondern je nach der Länge und Energie der Einwirkung eine violette oder weinrothe Färbung. Um Dextrin und Zucker von einander zu trennen, schüttet man, nachdem der Speichel hinreichend eingewirkt hat, eine reichliche Menge Alkohol hinzu; dadurch wird der grösste Theil der organischen Substanzen des Speichels und das Dextrin gefällt, während der Zucker in dem verdünnten Alkohol in Auflösung bleibt. Man filtrirt nun, dampft das Filtrat ab, löst in wenig Wasser wieder auf und stellt mit der so gewonnenen Flüssigkeit die gewöhnlichen Zuckerproben an.

Man nennt den im Speichel wirksamen Stoff ein Ferment und war früher zu der Ansicht geneigt, dass eine kleine Menge dieses Speichelferments unbegrenzte Mengen von Stärke in Dextrin und in Zucker umwandeln könne, und dass das Speichelferment als solches dabei nicht verbraucht werde. Im Jahre 1871 hat indessen Paschutin gezeigt, dass dem nicht so ist, dass, wenn Speichel schon einmal gedient hat, Stärke in Dextrin und Zucker umzuwandeln, dieser selbe Speichel, wenn man ihn ein zweites Mal zu demselben Zwecke gebrauchen will, schwächer wirkt als Speichel, der noch keine Stärke in Dextrin und Zucker umgesetzt hat. Er hat auch gezeigt, dass dies keineswegs an der hindernden Wirkung der bereits erzeugten Umwandlungsproducte liegt. Dieselbe Anschauung, dass eine gewisse Menge von Speichel nur für eine gewisse Menge von Stärke wirksam sein könne, wird auch noch durch andere Versuche bestätigt. Man findet nämlich, dass die Producte, welche man erzielt, sehr verschieden ausfallen, je nach der Menge des Speichels, welche man anwendet. Wenn man eine verhältnissmässig grosse Menge von Speichel und relativ wenig Stärkekleister anwendet, so wird fast gar kein Erythrodextrin erzeugt. Es wird zwar, selbst wenn die ganze Reaction beendigt ist, das Gemenge, wenn man ansäuert und Jodtinctur hinzusetzt, noch roth gefärbt. Diese rothe Färbung rührt aber nicht her vom Erythrodextrin, sondern vom Erythramylum. Dass sich kein Erythrodextrin in einigermassen merklicher Menge vorfindet, beruht darauf, dass dasselbe durch den Speichel immer sogleich weiter in Achroodextrin und in Zucker umgewandelt wird. Wenn man dagegen eine sehr geringe Menge von Speichel und eine grosse Menge von Stärkekleister nimmt, so werden bedeutende Mengen von Erythrodextrin gebildet. Es scheint also, dass die erste Wirkung des Speichels darin besteht, die Stärke in Erythrodextrin umzuwandeln, und dass dann erst, wenn noch disponibles Ferment übrig ist, die weitere Umwandlung von Erythrodextrin in Achroodextrin und Zucker erfolgt.

Es ist gestritten worden über die Bedeutung, welche das sogenannte Speichelferment im Allgemeinen hat. Die Einen haben dem Speichel eine sehr bedeutende Wirkung bei der Verdauung der Amylacea zugeschrieben; sie haben gemeint, dieselben können nur dann mit Erfolg verdaut werden, wenn sie recht gut durchgekaut und eingespeichelt sind. Die Andern haben dem entgegen gesagt: Die Wirkung des Speichels ist eine höchst untergeordnete; denn die Zeit, während welcher die Amylacea im Munde zerkaut und mit Speichel vermischt werden, ist eine sehr kurze: wenn sie aber einmal verschlungen sind und in den Magen und in den sauren Magensaft hineinkommen, dann hört die Wirkung des Speichels auf, weil zu seiner Wirkung alkalische Reaction nothwendig ist, weil die saure

Reaction, welche im Magen herrscht, die Wirkung des Speichels aufhebt. Sie haben sich weiter darauf gestützt, dass selbst wenn Amylum in reichlicher Menge genossen wird, sich doch im Magen entweder kein Zucker oder nur Spuren von Zucker finden, während später im Dünndarme immer beträchtliche Mengen Zucker gefunden werden, so dass man hienach schliessen müsste, dass das Amylum, beziehungsweise der Kleister oder das Dextrin, erst im Dünndarme in Zucker umgewandelt werde. Was die erstere Angabe anlangt, die Angabe, dass die saure Reaction die Wirkung des Speichels auf die Stärke aufhebt, so ist sie im Allgemeinen richtig. Es ist zwar nicht richtig, dass die Umwandlung durch den Speichel nur vor sich geht bei alkalischer Reaction, sie geht aber nur vor sich bei alkalischer und bei sehr schwach saurer Reaction. Wenn man sich zum Ansäuern des Verdauungsgemisches der Chlorwasserstoffsäure bedient, was man deswegen thut, weil die hauptsächlich wirksame Säure im Magen die Chlorwasserstoffsäure ist, so findet man, dass bei einem Säuregrade von $\frac{1}{2}$ pro mille, das heisst in einer Flüssigkeit, die im Liter $\frac{1}{2}$ Gramm *ClH* enthält, die Umwandlung noch vor sich geht. Wenn aber der Säuregrad auf 1 pro mille steigt, so geht die Umwandlung nicht mehr vor sich. Ob also die Wirkung des Speichels im Magen sistirt wird oder nicht, hängt von dem Säuregrade, der eben im Magen herrscht, ab. Es ist dieser bei verschiedenen Thieren verschieden. Der Säuregrad ist bei Fleischfressern, also auch bei Hunden, an denen bis jetzt die meisten Versuche gemacht sind, verhältnissmässig hoch, beim Menschen ist er geringer. Was die Angabe anbelangt, dass man auch nach reichlicher Fütterung mit Stärkekleister im Magen gar keinen oder nur Spuren von Zucker finde, so ist diese gleichfalls im Allgemeinen richtig. Ich habe unter sehr vielen Fällen nur in einem einzigen Falle einigermassen erhebliche Mengen von Zucker gefunden. Sonst findet man Spuren und selbst kaum nachweisbare Spuren von Zucker. Da nun im Magen Milchsäuregährung stattfindet, so kann man vermuthen, dass der gebildete Zucker gleich wieder in Milchsäure umgewandelt wird, und das mag auch bis zu einem gewissen Grade der Fall sein. Der ausschliessliche Grund dieser Abwesenheit von Zucker im Magen bei der Stärkeverdauung kann es indessen nicht wohl sein. Wenn man nämlich dem Futter kleine Mengen von Zucker zusetzt, oder wenn man statt des reinen Stärkekleisters Mehlkleister füttert, Kleister aus Weizenmehl, der an und für sich schon kleine Mengen von Zucker enthält, dann findet man im Magen des Versuchsthieres merklich grössere Mengen von Zucker, und es ist kein Grund vorhanden, dass, wenn der frischgebildete Zucker sofort in Milchsäure umgewandelt wird, nun der in den Magen hineingebrachte nicht auch sollte in Milchsäure umgewandelt worden sein. Aus dem Allen geht hervor, dass man schwer etwas Allgemeines über die Speichelwirkung im Magen aussagen kann. Bekanntlich ist zu Anfang der Fütterung und zu Anfang des Essens keine so grosse Säuremenge im Magen. Es werden die Ingesta mit dem Speichel hineingebracht, es kommt dazu noch der Speichel, der namentlich nach dem Essen gewöhnlich in ziemlicher Menge von Menschen und Thieren hinuntergeschlungen wird. Also zu Anfang kann im Magen eine Umsetzung der Stärke in Dextrin und Zucker stattfinden. Es wird von der Menge des Speichels abhängen, ob hier nur Dextrin und zwar Erythro-

dextrin allein gebildet wird, oder ob die Veränderung noch weiter fortschreitet bis zur Bildung von Achroodextrin und Zucker. Aber während diese Bildung sich einleitet und stattfindet, wird auch der Säuregrad im Magen steigen, und dem entsprechend kann der weiteren Einwirkung des Speichels ein Hinderniss, eine Grenze gesetzt werden.

Die chemische Untersuchung des Speichels hat bis jetzt keinen Aufschluss über die Natur des sogenannten Speichelfermentes gegeben. Man hat, indem man den Speichel mit Alkohol fällte, daraus einen flockigen Niederschlag erhalten, dem noch die umsetzende Wirkung anhaftet. Wenn man ihn in Wasser auflöst, so kann man damit noch wieder Stärke in Dextrin und Zucker umwandeln. Man bezeichnete diesen Körper als Speichelstoff oder Ptyalin. Man weiss aber jetzt hinreichend, dass dies keine einfache Substanz ist, sondern ein Gemenge von Mucin und einer Reihe von unbekannten Körpern. Man weiss, dass die Menge der festen Bestandtheile im Speichel überhaupt sehr gering ist, im Durchschnitte nicht einmal 1%, nur etwa 8 pro mille beträgt. Man weiss, dass darin etwas Rhodankalium (Schwefelcyankalium) enthalten ist, was man durch Zusatz einiger Tropfen einer sehr verdünnten Lösung von Eisenchlorid und die dabei entstehende goldgelbe bis orangerothe Farbe nachweisen kann. Aber das gibt keinen Aufschluss über die merkwürdige und schnelle Wirkung, welche der Speichel auf gekochte Stärke ausübt.

Wenn man den Speichel mikroskopisch untersucht, so findet man darin eine grosse Menge von abgestossenen Pflasterzellen, von dem geschichteten Pflasterepithel, mit welchem die Mundhöhle ausgekleidet ist. Es sind dies grosse, in ihrer Grundform sechseckige, aber häufig auch sehr unregelmässig gestaltete, schollenförmige Zellen mit einem im Allgemeinen ovalen Kerne. Ausserdem findet man darin die sogenannten Speichelkörperchen. Es sind dies nackte, kugelrunde Zellen, sie haben einen mehrfachen Kern, einen sogenannten Kernhaufen, und sind ganz durchsetzt mit feinen Körnchen, die darin eine lebhafte Molekularbewegung zeigen. Sie sind beiläufig gesagt eines der besten Probeobjecte und ein Probeobject, das man immer zur Hand hat, wenn man die Güte eines Mikroskopes prüfen will. Ein gutes Mikroskop muss schon bei mässiger Vergrösserung die Molekularbewegung in diesen Speichelkörperchen deutlich zeigen, und bei starker Vergrösserung müssen die Körner noch scharf begrenzt, nicht wie von einem grauen Hofe umgeben erscheinen. Wenn die Speichelkörper eine Zeit lang unter dem Mikroskope gelegen haben, so hört die Molekularbewegung auf, die Formen werden unregelmässig, und die Zellen sterben ab. Zum Theil zerplatzen sie auch, stossen einen Theil der Körnchen aus, und die übrigen bleiben dann in Ruhe. Plötzlich kann man diese Veränderung hervorbringen, wenn man electrische Schläge hindurchleitet. Wenn man die Schläge eines Magnetelectromotors hindurchleitet, so zerplatzt ein Theil dieser Speichelkörperchen, ähnlich wie ein Mollusk, das sich zusammenzieht, sein eigenes Gefässsystem zersprengt, und sein Blut und seine Säftemasse herausspritzt. So tritt auch hier die Flüssigkeit mit den Körnern heraus, die Körner bewegen sich noch eine Zeit ausserhalb, und dann kommt Alles zur Ruhe. Aber auch die andern, die nicht zerplatzen, sterben ab unter den Schlägen des Magnetelectromotors, und die Molekularbewegung in ihnen hört auf.

Einiges Verständniss über die Natur dieser Zellen bekommt man, wenn man Blut, in dem sich eine hinreichende Menge von farblosen Blutkörperchen befindet, mit Wasser verdünnt. Dann sieht man die farblosen Blutkörperchen, welche bisher unregelmässig, amöbenartig waren, Fortsätze ausstreckten und wieder einzogen, kugelrund und den Speichelkörperchen ähnlich werden, und die Körnchen, die bisher im Protoplasma ruhig lagen, und nur die Bewegungen desselben mitmachten, sieht man dieselbe lebhafte Molekularbewegung annehmen, wie die in den Speichelkörperchen. Wenn man nun bedenkt, dass der Speichel doch eine viel verdünntere, an festen Bestandtheilen viel ärmere Flüssigkeit ist als das Blutplasma und das Blutserum, so sieht man leicht ein, dass das verschiedene mikroskopische Verhalten dieser beiden Arten von Körperchen viel mehr in der Natur des Mediums, in welchem sie sich befinden, als in der Natur der Körper selbst begründet ist. Die Hauptbildungsstätte der Speichelkörperchen scheint die Glandula submaxillaris zu sein.

Der gemischte Mundspeichel ist das Secret einer ganzen Reihe von Drüsen, welche man in Schleimdrüsen und in Speicheldrüsen eintheilt. Die Schleimdrüsen sind kleine, zerstreut liegende, zusammengesetzte, tubulöse Drüsen, welche im submucösen Bindegewebe, beziehungsweise zwischen den Muskeln, welche unmittelbar unter der Schleimhaut liegen, eingebettet sind und die Schleimhaut mit ihren Ausführungsgängen durchbohren. Man theilt diese Drüsen ein in die Glandulae labiales, linguales, buccales, palatinae und pharyngeae, je nach der Region der Schleimhaut, unter welcher sie vorkommen. Man hat sie früher allgemein als acinöse Drüsen beschrieben. Puky Akos hat aber nachgewiesen, dass sie zu den tubulösen Drüsen zu rechnen sind. Bei den eigentlichen acinösen Drüsen, wie es z. B. die Meibom'schen Drüsen sind, existirt ein verzweigter Ausführungsgang, und an diesem hängen die secernirenden Elemente in Form von Beeren, von Acinis. Ganz anders aber verhält es sich bei den Schleimdrüsen. Die Schleimdrüsen haben, wie man dies namentlich an den grossen Oesophagealdrüsen des Hundes sehen kann, einen ganz kurzen und meist verhältnissmässig nicht weiten Ausführungsgang, dieser geht über in den secernirenden Drüsenschlauch, der sich sofort mehrfach theilt, und an dem nun die Endstücke theils in Form von länglichen Kolben, theils in Form von Knäufen aufsitzen. Da die Endstücke des Schlauches häufig, sogar meistens, verhältnissmässig kurz und knaufartig sind, so könnte man diese als Acini bezeichnen; das ist aber deshalb nicht zulässig, weil diese Acini nicht an dem Ausführungsgange aufsitzen, sondern, weil sie nichts anderes sind als die Endstücke eines tubulösen Systems, von dem sie sich in nichts, auch nicht in der Natur des Epitheliums, unterscheiden. Wenn man die Drüsen eintheilt in acinöse und tubulöse Drüsen, so muss man dieselben eintheilen nach der Grundform, nach dem Typus, welchen die secernirenden Elemente selbst darstellen, und das Secernirende ist hier bei den Schleimdrüsen offenbar nichts anderes, als ein mehrfach verzweigter und in seinen Verzweigungen gewundener Schlauch. Es ist auch die Angabe unrichtig, dass man den eigentlichen Bau der Schleimdrüsen schon vor den Untersuchungen von Puky Akos gekannt habe, dass man sie eben nur des Herkommens wegen mit dem Namen der acinösen Drüsen bezeichnet habe: denn man mag alle Abbildungen ansehen, die von Schleimdrüsen in früherer Zeit gegeben worden sind,

sie wurden in allen abgemalt wie eine Weintraube, wie ein verzweigter Ausführungsgang, an welchem die secernirenden Elemente als Beeren aufsitzen. Die von Donders beschriebenen tubulösen Schleimdrüsen am Pylorus, die Glandulae pyloricae, die von ihm richtig als tubulöse Drüsen erkannt wurden, wurden stets als Schleimdrüsen angesehen, die nach einem besondern Typus gebaut sind, während sie ganz unter den allgemeinen Typus der Schleimdrüsen gehören, nur dass bei ihnen die Schläuche mehr gestreckt sind, so dass es mehr auf den ersten Anblick auffallend war, dass man es mit einer tubulösen und nicht mit einer acinösen Drüse zu thun habe. Das Epithelium in dem secernirenden Schlauche ist ein Cylinderepithelium, welches in der Mitte nur ein verhältnissmässig kleines Lumen übrig lässt, und dessen Kerne der Wand des Drüsenschlauches sehr nahe stehen. Wenn man das Präparat mit Karmin färbt, so färbt sich der Kern sehr schön roth, während die übrige Epithelzelle farblos und glashell durchsichtig bleibt. Das Secret dieser Drüsen ist eine klebrige und fadenziehende Flüssigkeit, klebrig und fadenziehend eben durch den charakteristischen Stoff, den sie enthält, das Mucin, welches sich dadurch charakterisirt, dass es durch Essigsäure aus seinen Lösungen gefällt wird, durch einen Ueberschuss von Essigsäure das Coagulum sich nicht wieder auflöst, wohl aber in Mineralsäuren löslich ist.

Zu den Speicheldrüsen rechnet man die Submaxillardrüse, die Parotis und die Sublingualdrüsen. Eine zweifelhafte Stellung nimmt die sogenannte Nuhn'sche Drüse unter der Zungenspitze ein. Es ist dies ein Drüsenhaufen, den schon Blandin beschrieben, der aber wieder in Vergessenheit gerathen, und dann von Nuhn von Neuem und ausführlich beschrieben worden ist. Es ist, wie gesagt, ein Drüsenhaufen, von welchem man nicht recht weiss, ob die einzelnen Elemente desselben zu den Speicheldrüsen oder mehr zu den Schleimdrüsen zu rechnen seien. Auf eine andere Art von Drüsen zweifelhafter Function hat von Ebner in neuerer Zeit aufmerksam gemacht. Sie liegen unter der Schleimhaut der Zunge in der Gegend der Papillae circumvallatae und der Papilla foliata oder, wie man nach der Conformation des Gebildes beim Menschen, von der wir später genauer sprechen werden, lieber sagen sollte, Regio foliata, und wurden früher für gewöhnliche Schleimdrüsen gehalten. Von diesen aber unterscheiden sie sich durch die Beschaffenheit ihrer Enchymzellen. Dieselben sind denen der Speicheldrüsen ähnlich, haben ein körniges Protoplasma und sind auch nicht hohe sechskantige Prismen, wie bei den Schleimdrüsen, sondern mehr polyedrisch gegen einander abgeplattet und um das enge Lumen zusammengedrängt. v. Ebner nennt diese Drüsen seröse Drüsen.

Diejenige Speicheldrüse, an welcher die meisten Untersuchungen angestellt worden sind, ist die Glandula submaxillaris. Sie hat wie die übrigen Speicheldrüsen einen verzweigten Ausführungsgang, an dessen Endstücken die eigentlichen secernirenden Elemente hängen, welche man als Acini bezeichnet, was indessen nicht so streng zu nehmen ist, dass man sich diese Endgebilde etwa als kugelig aufsitzende Beeren am Ende der Ausführungsgänge vorstellen müsste. Sie sind gleichfalls verlängert, sind kolbenartig, handschuhfingerförmig und so neben einander gelagert, dass eine möglichst vollständige Raumerfüllung eintritt. Das Epithel, welches die secernirenden Elemente, die Endkolben, die sogenannten

Acini der Speicheldrüsen auskleidet, ist dem in den Schleimdrüsen einigermassen ähnlich, aber doch von ihm zu unterscheiden. Erstens sind die Zellen weniger hoch und breiter, zweitens erscheint auch der Inhalt nicht so farblos durchsichtig, wie dies bei den Schleimdrüsen der Fall ist; man findet immer mehr körnige Elemente in dem Protoplasma der Zellen der Speicheldrüsen, als dies bei denen der Schleimdrüsen der Fall ist.

An der Glandula submaxillaris sind für die Physiologie im Allgemeinen überaus wichtige Versuche von Ludwig angestellt worden. Man wusste seit langer Zeit, dass die Absonderung gewisser Drüsen unter dem Einflusse des Nervensystems steht. Man wusste, dass auf psychische Erregungen hin Weinen eintritt. Man wusste auch, dass Speichelabsonderung eintritt, nicht nur beim Kauen, sondern auch durch Einwirkung schmeckender Substanzen auf die Zunge, ja dass Speichelabsonderung eintritt in Folge psychischer Affecte, durch die blosse Vorstellung von etwas, was gut schmeckt, nicht blos beim Menschen, sondern auch bei Thieren. Es ist bekannt, dass, wenn man einem Hunde ein Stück Fleisch vorhält, er so viel Speichel secernirt, dass ihm derselbe zum Maule herausfliesst. Aber es war durch directe Reizung von Nerven noch keine Drüsenabsonderung erregt worden, als Ludwig diese Versuche zuerst an der Glandula submaxillaris ausführte, indem er ihre Secretionsnerven, von denen, wie wir später sehen werden, die wichtigsten vom Facialis durch die Chorda tympani zu ihr kommen, erregte. Die erste Vorstellung konnte wohl die sein, dass diese Speichelabsonderung durch einen Filtrationsprocess eingeleitet werde, dass sich etwa auf Reizung der Nerven die Venen zusammenzögen, die das Blut aus der Glandula submaxillaris zurückführen, dass dadurch ein erhöhter Druck in den Capillaren entstehe, und hiedurch mehr Flüssigkeit in die Drüse hineingepresst, und somit mehr abgesondert werde. Die Untersuchungen von Ludwig haben indessen sogleich gezeigt, dass dem nicht so sei. Wenn der Secretionsdruck in der Drüse nichts wäre als der fortgepflanzte Blutdruck, so ist es klar, dass er nie höher steigen könnte, als der Druck in der Carotis. Nun setzte Ludwig ein Manometer in den Ductus Whartonianus, in den Ausführungsgang der Submaxillaris, und das andere Manometer setzte er in die Carotis ein. Das Manometer in der Carotis stieg natürlich gleich zu seiner ganzen Höhe, das Manometer im Ductus Whartonianus stieg ganz allmälig, aber er stieg zu der höchsten Höhe, welche das Quecksilber in der Carotis erreichte, und stieg endlich noch weit über dieselbe hinaus. Der Secretionsdruck war also grösser als der Blutdruck in der Carotis. Später zeigte Bernard auch, dass die Venen sich keineswegs zusammenziehen. Im Gegentheile, wenn man die Vene der Drüse anschneidet, und die Drüse nicht secernirt, so fliesst eine spärliche Menge dunklen Blutes heraus. Wenn man aber dann den Facialis oder die Chorda tympani reizt, und die Drüse zur Absonderung bringt, so fliesst eine reichliche Menge von viel weniger dunklem Blute heraus. Es zeigt dies, dass während der Secretion eine grössere Menge von Blut durch die Gefässe circulirt, dass nicht nur die Capacität der Gefässe sich vergrössert hat, das Blut geht auch rascher hindurch, es ist in der Drüse weniger venös geworden, als es wird, wenn die Drüse nicht secernirt. Wir haben bis jetzt keine Erklärung für die Art und Weise, wie die Flüssigkeit aus dem Blute in das Innere

der Drüse gelangt. Wir können nur sagen, dass wir ähnlichen Vorgängen auch anderswo begegnen. Vergleichen lässt sich dieser Vorgang mit Bestimmtheit mit keinem physikalischen Vorgange, am ehesten noch mit der sogenannten electrischen Diffusion, wo durch den electrischen Strom Flüssigkeit durch ein Diaphragma hindurch getrieben wird. Bemerkenswerth ist es, dass, wenn man den Abfluss des Speichels hemmt, und dabei die Drüse zur Secretion zwingt, das Gewebe derselben sich mit Flüssigkeit infiltrirt, auch das Bindegewebe zwischen den Läppchen.

Es stellt sich uns noch eine andere wichtige Frage: Was geht aus den Blutgefässen in die Drüse? Wird aus den Blutgefässen der Speichel als solcher abgesondert, oder eine Flüssigkeit, welche die wesentlichen Bestandtheile des Speichels erst in der Drüse vorfindet und aus derselben herausschwemmt? Diese Frage ist gleichfalls von Ludwig in Angriff genommen worden. Er liess die eine Submaxillaris eines Thieres durch directe Reizung der Nerven längere Zeit secerniren, dann tödtete er das Thier und schnitt beide Submaxillardrüsen aus. Er trocknete sie auf dem Wasserbade, wog sie und fand, dass regelmässig diejenige Drüse, welche er durch längere Zeit zur Secretion gezwungen hatte, leichter war. Es war also hiemit der Beweis geliefert, dass während der Secretion der Drüse Substanzen aufgelöst und mit dem Speichel aus derselben herausbefördert werden.

Das Secret der Submaxillardrüse ist beim Menschen sehr dünnflüssig, es enthält nur wenig feste Bestandtheile, sein specifisches Gewicht beträgt nach Eckhard nur 1,0025 bis 1,0038. Es enthält kein Rhodankalium, hat aber im hohen Grade das Vermögen, Stärkekleister in Dextrin und Zucker umzuwandeln. Es ist beim Menschen isolirt zuerst von Eckhard untersucht worden, der ein Röhrchen in den Ductus Whartonianus des lebenden Menschen einführte, das reine Secret aufsammelte und es so untersuchte. Auf demselben Wege hat Eckhard auch das Parotidensecret untersucht. Es ist etwas reicher an festen Bestandtheilen als das Submaxillardrüsensecret. Sein specifisches Gewicht beträgt 1,0044 bis 1,0061. Es enthält Rhodankalium, und das Rhodankalium des gemischten Mundspeichels scheint ausschliesslich aus dem Parotidensecret zu stammen. Es hat gleichfalls für sich allein schon im hohen Grade das Vermögen, Stärkekleister in Dextrin und Zucker umzuwandeln. Das Secret der Sublingualdrüsen hat beim Menschen bis jetzt nicht für sich allein aufgefangen und untersucht werden können.

Der Schlingact.

Nachdem die Speisen eingespeichelt worden sind, werden sie in der Mundhöhle zu einem Bissen formirt, und dieser wird verschlungen. Das geht in folgender Weise vor sich. Zunächst sammelt man die Bestandtheile des Bissens auf der Mitte der Zunge, dann wird der vordere Theil der Zunge mehr nach oben gedrückt, und der hintere Theil gesenkt, dabei gleitet der Bissen auf die Zungenwurzel hinunter. Jetzt, wenn der Bissen im Isthmus faucium anlangt, handelt es sich darum, einerseits den Weg in den Kehlkopf zu verschliessen, und andererseits den Weg in die Nasenhöhle, den Weg durch die Choanen, zu verschliessen. Der Weg in den Kehlkopf wird dadurch verschlossen, dass sich der Kehl-

deckel herablegt, indem sich zugleich die Zungenwurzel nach hinten und unten senkt, und so schon den Kehldeckel gegen den Kehlkopfeingang hindrängt. Wir werden ausserdem später sehen, dass eigene Muskeln vorhanden sind, vermöge welcher der Kehlkopfeingang verschlossen werden kann. Von dem Wege durch die Choanen nahmen schon die alten Anatomen und Physiologen an, dass er verschlossen wird durch die sogenannte Gaumenklappe, dadurch, dass der weiche Gaumen nach hinten und oben gezogen wird, dass er sich gegen die Rückwand des Pharynx anlehnt, und auf diese Weise einen Abschluss gegen die Nasenhöhle zu Wege bringt. Da trat Dzondi mit der Behauptung auf, dass der Verschluss der Nasenhöhle auf andere Weise zu Stande komme. Er behauptete, dass sich die hinteren Gaumenbögen, die Arcus palatopharyngei. von beiden Seiten coulissenartig vorschöben, so dass zwischen ihnen ein Spalt gebildet wird, dass dieser Spalt sich endlich verschliesse, indem die Gaumenbögen vollständig aneinanderrückten, dass sie dadurch ein planum inclinatum bildeten, an welchem der Bissen herunterglitte. Er stützte sich darauf, dass man, wenn man den Finger zwischen die hinteren Gaumenbögen bringt, und dann Schlingbewegungen intendirt, fühlt, wie von beiden Seiten die hinteren Gaumenbögen gegen den Finger heranrücken und denselben berühren. Diese Angabe ist richtig, aber der Schluss, den Dzondi daraus gezogen hatte, war unrichtig. Der Verschluss kommt in der That so zu Stande, wie es bereits die alten Anatomen und Physiologen angenommen haben. Es ist dies jetzt ganz unbestritten, und ich habe schon vor einer langen Reihe von Jahren einmal Gelegenheit gehabt, mich an einer Operirten meines verstorbenen Freundes Schuh zu überzeugen, dass der weiche Gaumen sich wirklich an die Rückwand des Pharynx anlegt. Es war derselben eine Geschwulst exstirpirt worden, und behufs der Exstirpation hatte in der Oberkiefergegend eine Wunde gemacht werden müssen, vermöge welcher man von oben her auf den weichen Gaumen sehen konnte, wenn derselbe gehoben wurde. Wenn nun die Frau einen festen Bissen schlang, oder wenn man ihr auch nur etwas zu trinken gab, so sah man sehr deutlich von obenher, wie sich das Gaumensegel hob, wie sich dasselbe gegen die Rückwand des Pharynx anstemmte und auf diese Weise den Verschluss zu Stande brachte. Das coulissenartige Vorrücken der hinteren Gaumenbögen, wie es Dzondi beschrieben hat, findet auch statt; jedoch nicht in der Weise, dass die freien Ränder der Gaumenbögen wirklich einander berühren; es bleibt noch ein ziemlich weiter Spalt zwischen ihnen. Die Mechanik ist folgende. Bekanntlich kommen die beiden Levatores palati mollis in der Mittellinie des weichen Gaumens zusammen. Sie sind dabei in ihrem Verlaufe schräg von hinten und oben und aussen nach vorn, unten und innen gerichtet. Wenn Sie sich dieselben projicirt denken auf die Mittelebene des Körpers, so verlaufen sie schräg von hinten und oben nach vorn und unten. Die Musculi palatopharyngei, die in den hinteren Gaumenbögen verlaufen, kommen gleichfalls im weichen Gaumen zusammen und, nach abwärts gelangt, an der Rückwand des Pharynx, nähern sie sich mit ihren unteren Ausläufern einander. Sie verlaufen also, so lange das Gaumensegel herabhängt, von oben und vorn nach unten und hinten, wenn Sie sich dieselben auf die Mittelebene des Körpers projicirt denken. Wenn nun der Levator palati mollis sich

jederseits zusammenzieht, hebt er das Gaumensegel nach hinten und oben. Die Musculi palatopharyngei sind insofern seine Antagonisten, als sie das Gaumensegel nach abwärts ziehen, sie haben aber eine Componente, welche gleichsinnig wirkt mit dem Levator palati mollis, nämlich eine Componente, welche von vorn nach hinten zieht. Nun ist der Levator palati mollis bekanntlich vielmals stärker als der Musculus palatopharyngeus, also die Componente, die dem Levator entgegenwirkt, wird sofort aufgehoben, sowie sich der Levator contrahirt, aber die andere, die gleichsinnig wirkende bleibt. Wenn sich daher mit dem Levator gleichzeitig auch die Musculi palatopharyngei zusammenziehen, so helfen sie das Gaumensegel nach hinten gegen die Rückwand des Pharynx hin befördern. Da sie aber im erschlafften Zustande gekrümmt in den hinteren Gaumenbögen liegen, müssen diese hinteren Gaumenbögen sich jetzt gerade richten, indem die Musculi palatopharyngei angespannt werden, und daher rührt es, dass die hinteren Gaumenbögen sich beim Schlingact coulissenartig von beiden Seiten vorschieben.

Einen wesentlichen Beitrag zur Mechanik des Verschlusses der Gaumenklappe hat in neuerer Zeit Passavant gegeben. Er hat nämlich gezeigt, dass die Rückwand des Pharynx einen Wulst hervortreibt, so dass dadurch die Gaumenklappe sie leichter erreichen, und sich leichter an sie anlegen kann. Dieser Wulst kommt bei der Contraction des Constrictor pharyngis superior zu Stande. Es wird Ihnen bekannt sein, dass eine Portion des Constrictor pharyngis superior von einem Hamulus pterygoideus zum andern herübergeht, mithin bogenförmig hinter der Rückwand des Pharynx verläuft. Diese Portion zieht sich mit dem übrigen Constrictor pharyngis superior zusammen, und da sie in den Hamulis pterygoideis zwei feste Punkte hat, so wird der Bogen abgeflacht, und dadurch wird an der Rückwand des Pharynx ein Wulst hervorgetrieben, an welchen sich die gehobene Gaumenklappe mit Leichtigkeit anlegen kann.

Indem sich nun die Wurzel der Zunge hebt, indem das ganze Zungenbein und der Kehlkopf gehoben wird, wird der Bissen über die Wurzel der Zunge und über den Kehlkopf hinübergeschoben. Er befindet sich jetzt in der Gewalt der Constrictores pharyngis, welche ihn weiter nach abwärts und in den Oesophagus hinabtreiben. Im Oesophagus läuft nun eine Contractionswelle ab, indem sich derselbe über den Bissen zusammenschnürt, um den Bissen herum die Längsfasern sich verkürzen, und über demselben die Ringfasern sich zusammenziehen, so dass auf diese Weise der Bissen bis in den Magen hinabgetrieben wird. Bei manchen Thieren, z. B. bei Schwänen, Gänsen, Enten u. s. w., kann man nach den Untersuchungen von Ludwig von jeder Stelle des Oesophagus aus Zusammenziehungen auslösen, die dann von der gereizten Stelle ablaufen. Beim Menschen aber werden immer nur vollständige Schlingacte ausgelöst, so dass, wenn der Bissen irgendwo im Oesophagus stecken geblieben ist, der Schlingact wieder von vorn angefangen werden muss.

Die Speiseröhre.

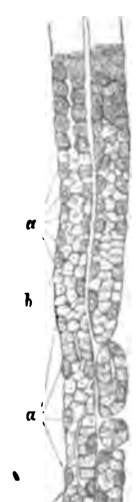
Durch den Schlund und durch den Oesophagus setzt sich das geschichtete Pflasterepithel fort, welches wir bereits in der Mundhöhle kennen gelernt haben. Es ist nach dem allgemeinen Typus der geschichteten Pflasterepithelien gebaut. Die untersten Zellen sind die höchsten, nähern sich der Form des sogenannten Cylinderepithels; dann kommen polyedrische Zellen und oben kommen platte Zellen, wie in allen geschichteten Pflasterepithelien. Darunter liegt das eigentliche Schleimhautgewebe, Bindegewebe mit dem Capillarnetz der Schleimhaut und den Nerven, welche bis unmittelbar unter das Epithel gelangen. Auf der Grenze zwischen dem eigentlichen Gewebe der Schleimhaut und dem submucösen Bindegewebe liegt durch den ganzen Oesophagus hindurch ein System von glatten Muskelfasern, welche nach der Länge verlaufen. Sie bilden kein zusammenhängendes Lager, keine Muskelhaut, sondern sind in einzelne Längsbündel, in einzelne Längsstränge getheilt. Es ist dies der Anfang des submucösen Muskellagers, welches wir später im Magen und im Darmkanale kennen lernen werden. Darauf folgt das submucöse Bindegewebe, ein im Oesophagus sehr reichliches, sehr weiches und zugleich verschiebbares Bindegewebe, in welchem zum Theile die Körper der Schleimdrüsen des Oesophagus liegen, die ganz ebenso gebaut sind wie die Schleimdrüsen der Mundhöhle und mit ihren Ausführungsgängen die Schleimhaut durchbohren. Nach aussen von diesem submucösen Bindegewebe liegt das eigentliche Muskelsystem des Oesophagus, eine innere Ringfaserschicht und eine äussere Längsfaserschicht. Wenn die Ringfaserschicht sich im einigermassen contrahirten Zustande befindet, wie dies für gewöhnlich der Fall ist, so ist die Schleimhaut in Längsfalten gelegt, und verschliesst so das Lumen der Speiseröhre. Die Faltenbildung erfolgt mit grosser Leichtigkeit wegen der reichlichen Menge von verschiebbarem Bindegewebe, welches die sogenannte Tunica nervea oder das submucöse Bindegewebe zusammensetzt. Wenn Sie sich also durch den Oesophagus in seinem gewöhnlichen Zustande einen Querschnitt hindurchgelegt denken, so würde die Schleimhaut durch die Längsfalten, in welche sie gelegt ist, in diesem Querschnitte einen Stern darstellen. Die Muskulatur des Schlundes und des Oesophagus ist in den verschiedenen Regionen verschieden zusammengesetzt. Im Halstheile des Oesophagus besteht noch fast die ganze Muskulatur aus quergestreiften Muskelfasern. Diese schwinden aber, wenn der Oesophagus in die Brusthöhle eintritt, und werden durch glatte oder organische Muskelfasern ersetzt, so dass nach den Untersuchungen von Gillette im mittleren Theile des Oesophagus, überhaupt keine quergestreiften Muskelfasern vorkommen. Dann kommen aber im unteren Theile des Oesophagus, in der Nähe des Foramen oesophageum, wieder quergestreifte Muskelfasern vor. Diese sollen aber grösstentheils dem sogenannten Musculus phrenooesophageus angehören.

Der Magen.

Der Magen besteht aus folgenden Schichten: Erstens aus der Schleimhaut, zweitens aus dem submucösen Muskellager, drittens aus der

Tunica nervea seu vasculosa oder dem submucösen Bindegewebe. — Diese Schicht wurde von den alten Anatomen als Tunica nervea seu vasculosa bezeichnet, weil die grossen Blutgefässe und diejenigen Nerven, welche der damaligen Zeit allein zugänglich waren, sich in ihr befanden. Nach aussen davon folgt das Ringmuskellager des Magens, auf dieses das Längsmuskellager und darauf der Peritonaealüberzug Die Schleimhaut des Magens hat ein Cylinderepithel. Das Pflasterepithel der Speiseröhre hört in der Cardia mit einem gezackten Rande auf und wird von nun an durch ein Cylinderepithel ersetzt, welches von hier an durch den ganzen Darmkanal bis zum After hin fortläuft. Die Schleimhaut des Magens ist sehr reich an Drüsen; diese sind in derselben so dicht gestellt, dass man sagen könnte, die ganze Schleimhaut des Magens sei eine grosse flächenartig ausgebreitete Drüse. Aber diese Drüsen sind nicht von einerlei Art. Es kommen im Magen zwei Arten von secernirenden Drüsen und ausserdem peripherische Lymphdrüsen vor. Die letzteren sind klein und wenig zahlreich, sie liegen unter der Schleimhaut und führen den Namen der Glandulae lenticulares. Die secernirenden Drüsen sind erstens die Magensaftdrüsen, die sogenannten Pepsindrüsen oder Wasmann-schen Drüsen, und zweitens Schleimdrüsen, die sich an zweierlei Orten im Magen finden, in einer ringförmigen Zone an der Cardia und in bedeutender Ausdehnung in der Regio pylorica. Die ganze übrige Partie des Magens ist beim Menschen mit den sogenannten Pepsindrüsen besetzt. Diese sind tubulöse Drüsen, welche senkrecht gegen die Oberfläche der Schleimhaut gestellt sind, deren Schläuche ziemlich gerade verlaufen, und die meist zu vieren mit einander in eine kleine mit Cylinderepithel ausgekleidete Grube einmünden. Auch in den obersten Theil der einzelnen Drüsen setzt sich dieses Cylinderepithel noch fort, in den tieferen Theilen aber gibt es zweierlei Zellen: Erstens Zellen, welche ihrer Form und ihrem mikroskopischen Verhalten nach noch den Cylinderzellen, die sich im Halstheile befinden, ähnlich sind, aber niedriger und schwerer zu beobachten. Nach aussen von denselben befinden sich andere mehr rundliche, zum Theil auch polyedrisch gegen einander abgeplattete, verhältnissmässig grosse Zellen, mit einem körnigen Inhalte. Dies sind, wie wir später sehen werden, die Labzellen, die Pepsinzellen. Kölliker hat zuerst diese zwei Arten von Zellen unterschieden, dann sind sie von Heidenhain und von Rollett näher untersucht worden. Rollett bezeichnet die nach aussen liegenden grossen Zellen als delomorphe, die nach innen gegen die Axe liegenden als adelomorphe Zellen. Fig. 32 zeigt nach Heidenhain eine Magensaftdrüse eines nicht in der Verdauung befindlichen Hundes, die dunklen Zellen *aa* sind die delomorphen, die lichten Zellen *bb* die adelomorphen.

Fig. 32.

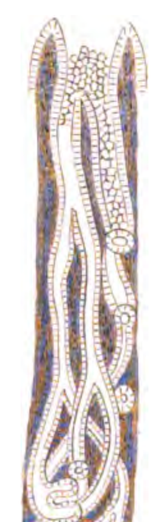


Zwischen diesen Drüsen verlaufen Capillargefässe, welche dieselben umspinnen und ihnen die Flüssigkeit zuführen, welche sie zur Secretion gebrauchen. Unmittelbar unter der Oberfläche, zwischen den gemeinsamen Gruben, in welche die Gruppen von Drüsen einmünden, verlaufen grössere Gefässe, Venen, so dass die Arterien in der Tiefe der Schleimhaut

capillar zerfallen, die Capillaren die secernirenden Schläuche umspinnen und sich oben wieder in Venen sammeln, welche nun unmittelbar unter der Oberfläche ein dichtes und beträchtliches Netzwerk bilden. Es ist dies deshalb von einer gewissen praktischen Wichtigkeit, weil man daraus sieht, dass, wenn Erosionen, auch oberflächliche, an der inneren Oberfläche des Magens stattfinden, dabei nicht, wie bei Abschürfungen an der äusseren Körperoberfläche, nur Capillaren verletzt werden, sondern dass durch solche Erosionen sogleich eine Menge von kleinen Venen verletzt wird.

Die Schleimdrüsen sind im Allgemeinen nach dem gewöhnlichen Typus der Schleimdrüsen gebaut, nur dass bei den Glandulis pyloricis die einzelnen Schläuche mehr gestreckt liegen, als dies sonst bei den Schläuchen der Schleimdrüsen der Fall zu sein pflegt. Sonst pflegen auch die eigentlichen secernirenden Schläuche der Schleimdrüsen meist unter der Schleimhaut zu liegen und die Schleimhaut nur mit dem Ausführungsgange zu durchbohren. Die Glandulae pyloricae liegen aber in ähnlicher Weise wie die Pepsindrüsen innerhalb der Schleimhaut, so dass das submucöse Muskellager unter ihnen weggeht, und sie geben mit ihren verzweigten Schläuchen und verhältnissmässig weiten Ausführungsgängen solche Bilder, wie sie schon Donders frühzeitig und richtig von ihnen geliefert hat (siehe Fig. 33). Sie sind mit einem Cylinderepithel ausgekleidet, ganz ähnlich dem, wie es auch die übrigen Schleimdrüsen zeigen.

Fig. 33.



Die Längsfasern des submucösen Muskellagers sind die Fortsetzung der submucösen Längsfasern des Oesophagus. Es kommen aber zahlreiche neue hinzu; erstens, weil ja das Lumen des Magens viel grösser ist, und zweitens, weil sich dieses Muskellager stärker entwickelt. Es kommen auch Ringmuskelfasern hinzu, aber Längs- und Ringmuskelfasern sind hier im Magen noch nicht streng von einander geschieden, sie durchflechten sich noch mattenartig. Erst wenn man den Pylorus passirt, treten zwei getrennte Schichten im submucösen Muskellager auf, ein inneres Ring- und ein äusseres Längsmuskellager. Auf die Muskellager folgt das Peritonaeum, ein bindegewebiger Ueberzug, in dem wie in anderen serösen Häuten ein feines elastisches Fasernetz liegt, und der von einem ungeschichteten Pflasterepithelium bekleidet ist.

Die Magenverdauung.

Verdauungsversuche an lebenden Thieren wurden schon von den Mitgliedern der Accademia del cimento angestellt, und zwar in der Weise, dass sie Nahrungsmittel in durchlöcherten Röhren in den Magen brachten, und diese nachher untersuchten. Da sie aber zu ihren Versuchen vorzugsweise körnerfressende Vögel benutzten, welche bekanntlich eine sehr starke Muskulatur und eine starke Hornschicht im Magen haben, mit der sie die Körner zermalmen, gewissermassen im Magen kauen, so

wurden hier mechanische Wirkungen ausgeübt, und es blieb zweifelhaft, in wie weit die Verdauung ein chemischer Process, und in wie weit er ein mechanischer Process sei. Die Frage wurde erst vollständig von Réaumur entschieden. Er wendete bei seinen Versuchen Raubvögel an, denen er auch Nahrungsmittel, die in Röhren eingeschlossen waren, in den Magen hineinbrachte. Er hatte hiebei den Vortheil, dass diese Thiere nach kürzerer oder längerer Zeit, gewöhnlich nach 24 Stunden, diese Röhren wieder ausspieen, wie sie bekanntlich überhaupt dasjenige, was sie nicht verdauen, Federn, Haare u. s. w., in einen Ballen geformt, wieder auszuspeien pflegen. Réaumur konnte hier auf das Bestimmteste feststellen, dass eine chemische Auflösung stattfinde, und zwar wurden von seinen Raubvögeln auf chemischem Wege nicht nur Fleischstücke, sondern selbst Hühnerknochen verdaut. Er liess die Thiere auch Schwämme verschlingen, zog dieselben dann wieder an Fäden, die er daran angebracht hatte, heraus und sammelte auf diese Weise eine Portion Magensaft. Er wollte damit künstliche Verdauungsversuche anstellen, er wollte ausserhalb des Magens mit dem Secrete des Magens verdauen. Dies gelang ihm aber noch nicht. Einen Versuch, wie ihn Réaumur an Vögeln angestellt hatte, stellte ein schottischer Arzt Namens Stevens am Menschen an. Er fand einen Gaukler, der Steine verschlang und sie wieder von sich gab, und diesen benutzte er dazu, um ihm auch durchlöcherte Röhren und Kapseln mit eingeschlossenen Nahrungsmitteln einzugeben, und diese nach der Zeit von einigen Stunden wieder ausspeien zu lassen. Er fand entsprechend den Resultaten von Réaumur, dass auch hier die Nahrungsmittel verdaut wurden. Spallanzani aber war der erste, dem die Verdauung ausserhalb des Magens, dem die künstliche Verdauung gelang. Er erhielt seinen Magensaft auch dadurch, dass er Thiere, namentlich Vögel, Schwämme verschlingen liess, und mit diesen Schwämmen dann den Magensaft wieder herausbeförderte, während später Tiedeman und Gmelin, die ähnliche Versuche anstellten, den Magensaft dadurch erhielten, dass sie den Thieren Kieselsteine in den Magen brachten, sie hinterher tödteten und den Magensaft benützten, welcher durch den mechanischen Reiz zur Absonderung gebracht worden war. Hier in Wien erhielt Dr. Helm dadurch Gelegenheit, Verdauungsversuche anzustellen, dass eine Hauersfrau aus Breitenweida in Unterösterreich, welche eine Magenfistel hatte, in seine Behandlung kam. Die Fistel liess sich erweitern und er konnte nun Nahrungsmittel hineinbringen, theils in Beuteln, theils in durchlöcherten Kapseln eingeschlossen, und konnte auf diese Weise sich überzeugen, wie die Substanzen im Magen chemisch aufgelöst wurden. Er stellte vergleichende Versuche über eine Reihe von Nahrungsmitteln an, und stellte dann auch an sich selbst und an einem zu diesem Zwecke gemietheten Individuum Versuche in der Weise an, dass beide durchlöcherte Kapseln mit Nahrungsmitteln verschlangen, und er die Veränderungen untersuchte, welche die Nahrungsmittel darin eingegangen waren, wenn sie endlich durch den After wieder abgingen. Ganz ähnliche Versuche, wie sie Helm an der Hauersfrau anstellte, stellte der amerikanische Arzt Beaumont an einem canadischen Jäger an, der durch einen Schuss verwundet worden war und gleichfalls eine Magenfistel bekommen hatte. Er kam dabei in Rücksicht auf die Zeit der Verdauung im Wesentlichen zu denselben

Resultaten, zu welchen Helm gekommen war. Daraufhin legte ein russischer Arzt Namens Bassow, wie ich nebst anderen historischen Daten aus Milne Edward's Leçons sur la physiologie et l'anatomie comparée entnehme, zuerst einem Hunde eine Magenfistel an, machte an ihm eine Reihe von Verdauungsversuchen, und empfahl dieses Verfahren, welches später von Blondlot und Anderen vielfach angewendet worden ist. Man verfährt dabei nach Bardeleben am besten so, dass man vom Processus xiphoideus nach abwärts einen Schnitt durch die Bauchdecken macht, dann die Wand des Magens, ohne sie zu durchschneiden vorzerrt, in die Wunde hineinnäht und jetzt einen Verband anlegt. Es tritt Gangrän der Magenwand ein, und auf diese Weise bildet sich eine Magenfistel. Man zieht die Wand des verschlossenen Magens in die Wunde, damit sich ringsum eine Verlöthung bilde; wenn sich diese bereits gebildet hat, tritt die perforirende Gangrän ein, und nun erst stellt sich die Fistel her, ohne dass Magencontenta in die Bauchhöhle gelangen könnten. Hinterher wird sie mit Pressschwamm erweitert, und es wird dann eine weite Canüle eingelegt. Es sind zu diesem Zwecke verschiedene Canülen angegeben worden. Eine der einfachsten ist die von Bardeleben, welche in einer kurzen Röhre besteht, die oben einen breiten Rand, eine Krämpe trägt, welche das Durchrutschen derselben durch die Fistelöffnung und in den Magen hinein verhindert. Nachdem man sie eingebracht hat, legt man ein paar an ihren Rändern gut geglättete Doppelhaken ein, die man aus der Fläche nach gebogenen Silberblechstreifen hergestellt hat. Wenn man diese durch einen Korkoder Kautschukstöpsel, der die Canüle verschliesst, an die Wand derselben anpresst, so verhindern sie das Herausfallen. Es wird das Ganze durch einen Verband geschützt, damit der Hund nicht, wie er es sonst gerne thut, den Stöpsel herauszieht und an der Canüle herumzerrt. Will man die Fistel benützen, so wird der Verband abgenommen, der Stöpsel herausgezogen, nach Umständen zu verdauende Substanzen eingebracht oder Magensaft oder Magencontenta herausgelassen.

Bei allen diesen Versuchen lernte man, abgesehen von einer Reihe von Einzelerfahrungen, im Grunde genommen doch nicht viel mehr als das, was schon Réaumur gewusst hatte, dass die Speisen im Magen verdaut, und zwar dass sie auf chemischem Wege aufgelöst werden, dass sie aufgelöst werden durch den sauren Magensaft, der im Magen abgesondert wird. Wesentliche Fortschritte machte die Lehre von der Verdauung erst, als man den Weg von Spallanzani wieder betrat, den Weg der künstlichen Verdauung, wie es Wasmann und wie es Schwann thaten. Es zeigte sich, dass sich im Magen eine eigenthümlich wirksame organische Substanz befindet, welche die Eiweisskörper auflöst, und die Schwann mit dem Namen des Pepsins belegt hat. Sie äussert Wirkungen nur, wenn zugleich saure Reaction und zwar saure Reaction von einem gewissen Grade vorhanden ist. Eine durch Maceration der Magenschleimhaut in verdünnter Chlorwasserstoffsäure dargestellte künstliche Verdauungsflüssigkeit verdaut in derselben Weise, wie der natürliche von dem Thiere selbst abgesonderte Magensaft verdaut. Es war auch leicht nachzuweisen, dass es nicht die blosse Säure ist, welche die Eiweisskörper auflöst, denn gegen die meisten Eiweisskörper verhält sich eine blos verdünnte Säure von demselben Grade wesentlich anders, wie dieser

künstliche Verdauungssaft. Wenn man die Labdrüsenschicht irgend eines Thieres, gleichviel, ob nüchtern oder in der Verdauung, abpräparirt und dann mit Salzsäure, die 1 Gramm *ClH* auf 1 Liter Wasser enthält, macerirt, so erhält man eine solche Verdauungsflüssigkeit. Vergleicht man die Wirkung derselben mit der blos verdünnter Chlorwasserstoffsäure von demselben Säuregrade, so findet man, dass sie rohes Fibrin verhältnissmässig rasch, oft schon in 10 Minuten, auflöst, während dasselbe Fibrin in der verdünnten Salzsäure nur aufquillt, aber sich nicht auflöst, bei kühler Temperatur Tage lang unaufgelöst bleibt, und erst dann langsam zerfällt. Wenn man Weisses von hartgekochten Eiern in beide Flüssigkeiten hineinlegt, so bleibt es in verdünnter Salzsäure ganz unverändert, während es sich in der künstlichen Verdauungsflüssigkeit, wenn auch viel langsamer als das rohe Fibrin, auflöst. Wenn man in beide Flüssigkeiten rohes Rindfleisch hineinlegt, so löst sich dieses allerdings in der blos verdünnten Chlorwasserstoffsäure auch auf. Wir werden aber später sehen, dass dies darauf beruht, dass im Muskel selbst Pepsin enthalten ist, oder doch ein Körper, der sich in Rücksicht auf alle Unterscheidungsmittel, die wir bis jetzt kennen, gerade so verhält wie das Pepsin.

Das Pepsin lässt sich aus der Schleimhaut des ausgewaschenen Magens auch nach und nach mit Wasser extrahiren. Aber man bekommt auf diese Weise, wenn man auch die Flüssigkeit hinterher ansäuert, immer nur eine verhältnissmässig schwach wirkende Verdauungsflüssigkeit, während man viel stärker wirkende Verdauungsflüssigkeiten bekommt, wenn man von vorne herein mit einer verdünnten Säure macerirt. Es geht daraus hervor, dass das Pepsin in den Drüsen in einem für Wasser schwer löslichen Zustande enthalten sein muss, dass es sich aber in verdünnter Säure viel leichter auflöst. In neuerer Zeit wird nach v. Wittich's Vorgang Glycerin vielfach zur Extraction des Pepsins benützt. Dass das Pepsin wirklich in den Drüsen der Schleimhaut im Vorrathe abgelagert ist, in ähnlicher Weise, wie wir gesehen haben, dass feste Bestandtheile des Speichels in den Speicheldrüsen im Vorrathe abgelagert sind, und bei der Secretion nur herausgewaschen wird, ergibt sich auch aus andern Versuchen. Wenn man die ganze Magenschleimhaut künstlich verdaut, so dass sie zerfällt, und nur einige krümliche Reste übrig bleiben, wenn man diese auf einem Filtrum sammelt und untersucht, so findet man, dass das Bindegewebe, die Drüsenschläuche u. s. w. zerstört sind, dass man nur Zellen und Trümmer von Zellen, die aus den Drüsen der Schleimhaut herstammen, gemengt mit elastischen Fasern, unter dem Mikroskope hat. Wenn man nun diesen Detritus von Neuem mit verdünnter Salzsäure macerirt, so erhält man wiederum noch eine sehr wirksame Verdauungsflüssigkeit. Es wird hier in Wien für therapeutische Zwecke ein Pepsin in den Handel gebracht, welches dem Vernehmen nach bereitet wird durch Auspressen der Schleimhaut und durch Trocknen der ausgepressten Substanz bei niederer Temperatur. Aus diesem Pepsin kann man alles Lösliche herauswaschen, man kann es Tage lang auf dem Filtrum mit Wasser auswaschen, und wenn man dann den Rest, der auf dem Filtrum zurückbleibt, noch wieder mit 1 pro mille Salzsäure macerirt, so bekommt man immer wieder noch eine kräftig wirkende Verdauungsflüssigkeit.

Eine weitere Frage ist nun: In welchen Drüsen des Magens ist das Pepsin abgelagert? Wenn man den Magen während der Verdauung ansieht, so wird man bemerken, dass er auf seiner inneren Oberfläche ganz anders aussieht, als während des nüchternen Zustandes; er ist an seiner inneren Oberfläche geröthet, die Blutgefässe sind injicirt. Nun sind bei mehreren Thieren, wie beim Schweine und bei der Ratte, die Labdrüsen nur über einen Theil der Magenoberfläche verbreitet, während ein beträchtlicher Theil der Magenoberfläche lediglich Schleimdrüsen führt. Bei diesen Thieren sieht man, dass sich zur Zeit der Verdauung nur der Theil der Magenoberfläche röthet, in welchem sich Labdrüsen befinden. Dieses und das von gewöhnlichen Schleimdrüsen abweichende Aussehen der Labdrüsen musste auf die Vermuthung führen, dass sie es sind, in welchen die wirksame Substanz, in welchen das Pepsin abgelagert ist. Das ist auch der Fall nach den übereinstimmenden Untersuchungen von Wasmann, Kölliker, Goll, Friedinger und von v. Wittich. Wenn man die Pars pylorica frisch in Arbeit nimmt und sie mit verdünnter Salzsäure macerirt, so gibt sie zwar auch eine verdauende Flüssigkeit, obgleich sie nur Schleimdrüsen führt, aber diese Wirkung verschwindet immer mehr, je mehr man die Schleimhaut vorher auswäscht, wenn man sie auch nur mit blossem Wasser auswäscht. Während man diejenige Magenschleimhaut, in welcher sich Labdrüsen befinden, auswaschen kann, so lange, wie man will. Ja, wie wir gesehen haben, man kann sie zum grössten Theile verdauen bis auf einen unbedeutenden körnigen Rest, welcher zurückbleibt, und noch immer sind dieselben verdauenden Wirkungen vorhanden. Es weist diess darauf hin, dass die Schleimhaut in der Pars pylorica nicht desswegen verdaut, weil die Schleimdrüsen das verdauende Princip absondern, sondern weil die ganze Schleimhaut mit Pepsin infiltrirt worden ist, das sich aus der Pars pylorica, wenn auch langsam, wieder herauswaschen lässt.

Wir haben gesehen, dass die Labdrüsen zweierlei Zellen führen, die delomorphen und die adelomorphen Zellen. Welche von diesen beiden Zellen enthalten voraussichtlich das Pepsin? Es sind eine Reihe von Gründen da, welche dafür sprechen, dass es die delomorphen, die körnigen, nach aussen unmittelbar dem Drüsenschlauche anliegenden grossen Zellen sind. Die Gründe sind: Erstens, dass diese Zellen den Labdrüsen eigenthümlich sind, während solche Cylinderzellen, wie die adelomorphen Zellen, auch in den Schleimdrüsen vorhanden sind, zweitens, dass die bis jetzt untersuchten Amphibien in ihren Labdrüsen nur eine Art von Zellen haben, und dass diese Zellen den delomorphen Zellen der Säugethiere und des Menschen gleichen, endlich drittens eine Beobachtung, die Rollett gemacht hat, dass bei den Fledermäusen im Winterschlaf die delomorphen Zellen fast vollständig verschwinden, aber sich im Frühlinge gegen die Zeit des Erwachens, wenn das Thier seine Verdauungsorgane wieder brauchen soll, von Neuem entwickeln. Diese letztere Beobachtung gibt zu folgender Betrachtung Veranlassung: Die beiden Zellenarten sind wahrscheinlich ursprünglich identisch, denn sie entwickeln sich aus derselben Anlage, und aus derselben, aus der sich an anderem Orte, in der Pars pylorica, auch das Enchym der Pylorusdrüsen entwickelt. Vielleicht besteht die spätere Differenzirung wesentlich darin, dass die delomorphen Zellen durch reichliche Anhäufung der verdauenden

Substanz in ihnen eine bedeutendere materielle Entwicklung erfahren, an Masse zunehmen und dabei Gestalt und Aussehen verändern. Ein solches Verhältniss würde auch die abweichenden Angaben einzelner Beobachter erklärlich machen, nach denen sich auch in der Pars pylorica grössere Mengen von unauswaschbarem Pepsin gefunden haben sollen, wenn auch entfernt nicht solche, wie sie die Wasmann'schen Drüsen liefern. Auch die Angabe von J. Jukes, dass er auch in den Drüsen der Regio pylorica den delomorphen Zellen der Labdrüsen sehr ähnliche Gebilde gefunden habe, würde hiernach weniger befremdend erscheinen.

Das Pepsin.

Das Pepsin ist seit seiner Entdeckung vielfältig als ein Ferment bezeichnet worden. Der Name ist von der Hefe hergenommen, welche den Zucker in Kohlensäure und Alkohol umsetzt. Wir wissen, dass diese Hefe sich selbst regenerirt aus den stickstoffhaltigen Substanzen, welche sich in der Maische befinden, und dass man deshalb mit einer kleinen Menge von Hefe, wenn man ihr nur das Material für die Regeneration bietet, grosse Mengen von Hefe erzeugen, und somit auch unbegrenzte Mengen von Zucker in Kohlensäure und Alkohol umsetzen kann. Desswegen hat man namentlich solche Körper Fermente genannt, welche einen Umsetzungsprocess einleiten, der immer weiter greift, sich immer von Neuem erzeugt, und bei dem zuletzt durch eine kleine Menge von Substanz grosse, ja unbegrenzte Mengen von anderen Substanzen umgesetzt, chemisch verändert werden können. Passen diese Angaben auf das Pepsin? Das Pepsin kann nicht, wie es einmal behauptet worden ist, sich selbst während der Verdauung vermehren, von Neuem erzeugen. In einer verdauenden Flüssigkeit nimmt die Menge des Pepsins nicht zu. Das lässt sich einfach durch folgenden Versuch darthun. Man thut Blutfibrin in eine Verdauungsflüssigkeit hinein, und, wenn dieses Fibrin verdaut worden ist, mischt man eine Portion 1 pro mille Chlorwasserstoffsäure, thut Fibrin hinein und giesst etwas von der ersten Verdauungsflüssigkeit hinzu. Dieses Fibrin wird auch noch verdaut. Man macht dieselbe Procedur ein zweites Mal, man nimmt wieder ebenso verdünnte Salzsäure und Fibrin, und giesst nun von dem zweiten Glase wiederum etwas hinzu. Das thut man zwei, dreimal. Es wird das Fibrin anfangs noch verdaut, dann fängt der Verdauungsprocess an, sich zu verlangsamen, und verlangsamt sich endlich, wenn man diese Versuche immer weiter fortsetzt, so, dass man so viele Stunden zum Auflösen braucht, als im ersten Versuche Minuten gebraucht wurden. Endlich verhält sich die Flüssigkeit nur noch, wie sehr verdünnte Chlorwasserstoffsäure, das Fibrin quillt darin auf, bleibt aber Tage lang darin, ohne zu zerfallen. Das ist nicht vereinbar mit der Vorstellung, dass sich beim Verdauungsprocesse und durch den Verdauungsprocess das Pepsin vermehre: denn, wenn ich diese selben Versuche z. B. mit einer gährenden Flüssigkeit angestellt hätte, so würde ich alle Gläser fort und fort in Gährung versetzt haben, weil sich immer neue Hefe gebildet hätte, und ich diese neugebildete Hefe übertragen haben würde. Hier ist die Menge von

Pepsin dieselbe geblieben, und nach und nach sind immer kleinere Mengen auf neue Verdauungsgemische übertragen worden, bis sie endlich durch die wiederholte Theilung so klein wurden, dass sie keine merkliche Wirkung mehr ausübten.

Man kann sich fragen: Ist es in der That der hohe Grad der Verdünnung gewesen, ist nicht vielleicht das Pepsin durch die Verdauung ganz verbraucht worden? Es lässt sich aber wiederum zeigen, dass dies nicht der Fall ist. Es wird bei der Verdauung das Pepsin weder vermehrt, noch wird auch Pepsin verbraucht. Um letzteres zu beweisen, füllt man in zwei grosse Pulvergläser gleiche Mengen 1 pro mille Chlorwasserstoffsäure, dann wirft man in das eine Glas so viel Fibrin hinein, als darin vollständig aufquillt, in das andere Glas wirft man eine einzige Fibrinflocke. Dann nimmt man von einer Verdauungsflüssigkeit gleiche und zwar nur kleine Mengen, und diese giesst man je eine in die beiden Gläser. Dann wird man bemerken, dass die grosse Masse des Fibrins in dem einen Glase eben so schnell aufgelöst wird, wie die eine Flocke, welche sich in dem andern Glase befindet, und das geschicht noch, wenn man so kleine Mengen von Verdauungsflüssigkeit hinzugegossen hat, dass die Zeit der Verdauung sich auf Stunden hinzieht. Man hat dann jedenfalls eine unzureichende Menge von Pepsin hinzugefügt. Würde das Pepsin durch die Verdauung verbraucht, so müsste in dem einen Glase, da so viel Fibrin darin ist, die Verdauung verzögert worden sein, oder es müsste gar ein Rest von ungelöstem Fibrin bleiben. Das ist aber nicht der Fall. Es wird also, wie gesagt, bei der Verdauung weder Pepsin gebildet, noch Pepsin verbraucht; aber es ist eine gewisse Menge von Pepsin nöthig, damit der Verdauungsprocess mit seiner gehörigen Geschwindigkeit vor sich gehe. Diese Menge von Pepsin scheint freilich, wenn wir sie nach der Wage beurtheilen, ausserordentlich gering zu sein, doch ist die Menge des Pepsins nicht gleichgiltig: wenn man unter ein gewisses Minimum heruntergeht, so verlangsamt sich die Verdauung, und zwar in sehr auffallender Weise.

Die Säuren im Magen.

Wir haben gesehen, dass das Pepsin nur der eine Factor bei der Verdauung ist, dass der zweite Factor dabei die Säure ist. Pepsin ohne Säure ist unwirksam, und Säure ohne Pepsin ist auch relativ unwirksam, das heisst, sie bringt die Substanzen zum Aufquellen, aber nicht oder nur ganz unverhältnissmässig langsam zur Lösung. Es kommt darauf an, dass der saure Magensaft Pepsin und auch Säure in solcher Quantität und Qualität enthält, dass die Eiweisskörper darin aufquellen.

Der saure Magensaft, wie wir ihn bei Hunden aus Magenfisteln sammeln, ist eine klare, stark sauer reagirende Flüssigkeit. Die Säuren, welche darin gefunden wurden, sind in erster Reihe Salzsäure, zweitens Phosphorsäure, und drittens in geringer Menge Schwefelsäure. Dann ist auch Milchsäure darin gefunden worden, aber diese nur dann, wenn Kohlehydrate genossen worden waren. Wenn Substanzen genossen worden waren, aus welchen sich keine Milchsäure bilden konnte, so hat man auch im Magen keine Milchsäure gefunden, woraus wohl hervorgeht, dass die Milchsäure im Magen aus den Nahrungsmitteln und nicht aus den Lab-

drüsen stammt. Man kann fragen: Welche von den Mineralsäuren ist im Magen die freie Säure und die eigentlich wirksame? Wenn wir eine Flüssigkeit haben, die mehrere Salze enthält, und ausserdem überschüssige Säure, so können wir, so lange die Substanzen gelöst sind, niemals sagen, dass die eine Säure frei sei und die andern an Basen gebunden. Bei der Zusammenstellung der Resultate der chemischen Analyse pflegt man freilich so zu Werke zu gehen, dass man die Basen sich als gebunden vorstellt an die stärkste Säure, und dann die schwächere Säure als die in der Flüssigkeit freie Säure annimmt, wenn keine Basis mehr vorhanden ist, um sich mit derselben zu verbinden. Das ist aber eine Fiction, welche man sich erlaubt hat, weil man unter gewissen häufig realisirten Bedingungen schwächere Säuren durch stärkere vollständig austreiben kann. Es ist im hohen Grade wahrscheinlich, dass immer mehrere Säuren frei sind, aber eben je nach ihrer Stärke, je nach ihrer Verwandtschaft zu den vorhandenen Basen, in verschiedenen Quantitäten. Von einer Säure aber können wir sagen, dass sie jedenfalls im freien Zustande im Magen vorhanden sei, das ist die Salzsäure. Bidder und Schmidt haben bei der Untersuchung des Magensaftes des Hundes gefunden, dass, wenn man alle Basen, welche darin enthalten sind, als nur mit Salzsäure verbunden ansieht, doch immer eine beträchtliche Quantität Salzsäure übrig bleibt, welche nicht durch diese Basen neutralisirt werden kann. Auch im Magensafte des Menschen ist Chlorwasserstoffsäure enthalten, wenn auch nicht in solcher Menge, wie im Magensafte des Hundes, weil überhaupt der Magensaft des Hundes mehr freie Säure hat als der des Menschen. Wenn wir nach der Wirksamkeit der verschiedenen Säuren fragen, so ist die verdünnte Salzsäure eine sehr wirksame Säure bei der Verdauung. Aber auch die Phosphorsäure ist bei der Verdauung sehr wirksam. Man kann mit verdünnter Phosphorsäure ebenso erfolgreich verdauen, wie mit verdünnter Salzsäure. Nicht dasselbe gilt von der Schwefelsäure. Mit dieser gehen die Verdauungsversuche mit Eiweisskörpern weniger gut. Es sind also die Salzsäure und die Phosphorsäure, welche uns als die wirksamsten erscheinen, nur muss die Phosphorsäure frei sein: mit sauren phosphorsauren Salzen allein kann man keine erfolgreichen Verdauungsversuche anstellen. Wenn Milchsäure vorhanden ist, so muss auch diese zu den wirksamen Säuren gerechnet werden: die Eiweisskörper quellen in ihr auf, und man kann mit ihr sehr erfolgreiche Verdauungsversuche anstellen. Maly hat ferner gezeigt, dass noch die Milchsäure im freien Zustande die Chloride theilweise zerlegt, so dass also da, wo beide mit einander vorhanden sind, stets auch freie Chlorwasserstoffsäure in Wirkung tritt. Er goss ein Gemisch von Milchsäure und Kochsalzlösung in den Grund eines Glascylinders, darüber schichtete er Wasser und überliess das Ganze der Diffusion. Er rechnete darauf, dass die schneller diffundirende Salzsäure sich früher in den oberen Schichten verbreiten werde als das Chlornatrium. Dies bestätigte sich auch. Die oberen Schichten enthielten nach einigen Tagen mehr Chlor als dem Natrium entsprach, und die unteren mehr Natrium als dem Chlor entsprach. Es hatten sich also neben Chlornatrium und Milchsäure gebildet milchsaures Natron und Salzsäure.

Es ist behauptet worden, dass der Magensaft erst im Magen selbst sauer werde, dass er von den Drüsen nicht im sauren Zustande abgesondert werde. In der That ist es eine auf den ersten Anblick auffallende Erscheinung, dass das Parenchym der Drüsen im lebenden Thiere nicht sauer reagirt. Wenn man einem lebenden Kaninchen die Bauchhöhle öffnet, die Muskelhaut des Magens an einer Stelle abträgt, und nun vorsichtig mit einer krummen Scheere ein Stückchen der Schleimhaut so ausschneidet, dass man dieselbe nicht durchlöchert, so findet man, dass das ausgeschnittene Schleimhautstückchen zwischen blauem Lakmuspapier zerquetscht keinen rothen Fleck gibt, und wenn ja ein solcher entsteht, so ist er äusserst schwach. Sobald man aber an die innere Oberfläche kommt, sobald man die ganze Schleimhaut herausnimmt, hat man gleich ausserordentlich stark saure Reaction. Hieraus könnte man, wie gesagt, allerdings schliessen, dass das Secret der Drüsen an und für sich nicht sauer sei, sondern dass es erst im Magen sauer werde. Einerseits ist aber nicht wohl einzusehen, durch welchen Process innerhalb des Magens Mineralsäuren, wie die Salzsäure, frei werden sollen, und andererseits ist dieser Versuch und andere ähnliche, welche angestellt worden sind, auch nicht beweisend. Es befindet sich ja in dem ausgeschnittenen Gewebe auch alkalische Flüssigkeit, denn es kreist ja durch die Schleimhaut fortwährend das alkalische Blut, und die Gewebsflüssigkeit zwischen den Drüsen ist alkalisch. Es kann also diese kleine Menge von alkalischer Flüssigkeit dazu dienen, eine entsprechend geringe Menge von Säure zu neutralisiren, und nur eine sehr geringe Menge von Säure braucht ja in den Drüsen gegenwärtig zu sein, wenn das Secret sofort an die innere Oberfläche des Magens ausgestossen wird. Wenn man sich an andere Thiere als an Säugethiere wendet, dann kann man in der That das saure Secret innerhalb der Drüsen nachweisen. Im Drüsenmagen der Vögel befinden sich flaschenförmige Körper, die so gross sind, dass man sie schon mit blossem Auge sehen kann. Diese flaschenförmigen Körper, die einen engen Ausführungsgang besitzen, haben eine verhältnissmässig weite innere Höhle, und ihre dicke Wand besteht aus lauter Labdrüsen, welche in diese innere Höhle ausmünden. Man spült nun den Drüsenmagen eines soeben getödteten Huhnes oder einer eben getödteten Gans mit sogenannter Magnesiamilch, das heisst mit Magnesia usta, die in Wasser aufgeschwemmt ist, aus, um alle freie Säure auf der inneren Oberfläche des Magens zu tilgen. Hierauf sucht man unter diesen flaschenförmigen Drüsenkörpern einen aus, der mit Secret gefüllt ist, durchschneidet ihn und untersucht das Secret, welches sich in der Höhle desselben angesammelt hat. Man findet, dass es stark sauer reagirt, so stark sauer, wie der Magensaft innerhalb der Höhle des Magens bei andern Thieren. Dies spricht also dafür, dass das saure Secret bereits innerhalb der Drüsen abgesondert und nur immer gleich wieder ausgestossen wird, so dass der kleine Rest von Säure, der im Gewebe zurückbleibt, beim Zerquetschen der Schleimhaut neutralisirt wird durch die umgebende alkalische Gewebsflüssigkeit. Man könnte einwenden, dass beim Huhne vielleicht der saure Magensaft aus der Magenhöhle in die Drüsenhöhlen zurückgelangt sei, aber dies ist an sich unwahrscheinlich, und wird es noch mehr dadurch, dass immer nur ein Theil der Drüsen prall mit Secret angefüllt ist.

Es entsteht aber die weitere Frage: Wie ist es möglich, dass aus dem alkalischen Blute und aus der alkalischen Gewebsflüssigkeit ein Saft abgesondert werden kann, der so viel freie Säure enthält? Wie dies zugeht, wissen wir nicht. Wir können nur im Allgemeinen sagen, dass es unter dem Einflusse des Nervensystems geschehen muss, und dass diese Erscheinung in der Natur nicht isolirt dasteht, sondern dass es noch andere viel auffallendere Erscheinungen dieser Art gibt. Als sich Johannes Müller und Troschel ihrer zoologischen Untersuchungen wegen in Messina befanden, nahm Troschel ein grosses Exemplar von Dolium galea und warf es auf den Boden, der mit Marmorplatten belegt war. Er sah zu seinem Erstaunen, dass da, wo das Thier seinen sogenannten Speichel hinspritzte, ein starker Schaum entstand, also offenbar eine Gasentwicklung stattfand. Als er den Speichel näher untersuchte, fand er in der That, dass er so sauer war, dass er den Marmor des Bodens angriff und Kohlensäure daraus entwickelte. Es wurde dieser Saft dann gesammelt und dem Professor Bödecker in Bonn zur chemischen Untersuchung übergeben. Er enthielt in 100 Theilen nur 1,6 Theile an Basen und an organischer Substanz, aber 0,4 Chlorwasserstoff- und so viel Schwefelsäure, dass, wenn man alle Basen als an Schwefelsäure gebunden ansah, dem Gewichte nach noch 2,7 Hunderttheile der ganzen Flüssigkeit als freie Schwefelsäure übrig blieben. Wenn eine solche Flüssigkeit unter dem Einflusse des Nervensystems aus dem Blute abgesondert werden kann, so kann es uns sicher nicht wunderbarer erscheinen, dass an der Innenwand des Magens eine saure Flüssigkeit abgesondert wird, dass eine Zersetzung der Chlormetalle unter dem Einflusse des Nervensystems eintritt, so dass das Alkali nach der einen Seite und die Säure nach der andern Seite hingeht. Das ist jedenfalls nicht wunderbarer, als dass ein an und für sich harmloses Organ durch den Einfluss der Nerven in einen heftig wirkenden electrischen Apparat verwandelt wird, wie dies bei den electrischen Fischen der Fall ist, oder dass eine Masse von Eiweisskörpern, die Masse der Muskeln, ihre inneren Attractionsverhältnisse unter dem Einflusse der Nerven plötzlich so verändert, dass sie aus einer weichen, in allen ihren Theilen der Schwere folgenden Substanz sich in eine Masse umändert, die mit der grössten Gewalt einer ganz bestimmten Gleichgewichtsfigur zustrebt. Trennung von Säuren und Basen ist unter diesen räthselhaften Vorgängen noch derjenige, welcher uns durch die Analogie der Electrolyse am leichtesten vorstellbar wird.

Darstellung und Eigenschaften des Pepsins.

Das Pepsin galt früher für einen Eiweisskörper, und es hängen hiemit wesentlich zusammen gewisse Vorstellungen, welche man von der Verdauung hatte. Man glaubte, das Pepsin sei eine sehr leicht zersetzbare Substanz und reisse dann andere Eiweisskörper mit in diesen Zersetzungsprocess hinein, dadurch werde ihre Auflösung bewirkt u. s. f. Nun ist aber das Pepsin gar nicht so sehr der freiwilligen Zersetzung unterworfen, wie man glaubt. Es kann nicht nur im trockenen Zustande lange Zeit unzersetzt aufbewahrt werden, sondern selbst in Lösungen. Selbst wenn der Schimmel einen halben Zoll hoch in Verdauungsflüssigkeiten gewachsen

ist, so sind sie dadurch noch nicht nothwendig unwirksam; wenn man sie wieder filtrirt und Fibrin oder Eiweiss hineinthut, so findet man in der Regel, dass sie noch verdauen. Das Pepsin ist aber überhaupt kein Eiweisskörper. Dass man es dafür gehalten hat, rührte daher, dass man es mit Eiweisskörpern zusammen niedergeschlagen hatte, welche theils in dem Magensafte an und für sich enthalten waren, theils aus den Nahrungsmitteln oder der künstlich verdauten Magenschleimhaut herrührten.

Wenn man das Pepsin im reineren Zustande haben will, so kann man dazu die Eigenschaft desselben benutzen, sich an kleine feste Körper anzuhängen. Sie wissen, dass die meisten Farbstoffe diese Eigenschaft haben, dass, wenn man z. B. rothen Wein mit Kohlenpulver durchschüttelt und ihn dann filtrirt, eine farblose Flüssigkeit abfliesst, und der ganze rothe Farbstoff in dem Kohlenpulver zurückbleibt. In ähnlicher Weise adhärirt nun auch das Pepsin. Wenn man in die wirksamste Verdauungsflüssigkeit einen Löffel voll Thierkohle hineinschüttet, durchschüttelt und filtrirt, so bekommt man eine Flüssigkeit, welche absolut gar nicht mehr verdaut. Ja, wenn man die zu verdauende Fibrinflocke mit der Kohle in die Verdauungsflüssigkeit hineinwirft und schüttelt, so dass sich die Fibrinflocke in die Kohle einbettet, welche nun das Pepsin an sich gerissen hat, so ist das Pepsin schon unwirksam. Dies Adhäriren kann man nun benutzen, um das Pepsin von Eiweisskörpern zu trennen, da die Eiweisskörper zwar auch adhäriren, aber in viel geringerem Grade als das Pepsin. Man geht dabei am besten so zu Werke, dass man die Schleimhaut eines Kälber- oder Schweinemagens zerkleinert, mit Wasser übergiesst und mit Phosphorsäure ansäuert. Sie unterliegt auf diese Weise der Selbstverdauung. Die erste Flüssigkeit giesst man weg, weil sie zu viel Verdauungsproducte enthält, die bei der Reinigung des Pepsins zu lange aufhalten würden. Dann giesst man neues Wasser und neue Phosphorsäure auf und digerirt weiter. Die so erhaltene Flüssigkeit benutzt man entweder in der gleich zu beschreibenden Weise, oder man giesst sie, wenn sie noch zu viel Verdauungsproducte zu enthalten scheint, fort und verschafft sich durch eine dritte in derselben Weise einzuleitende Digestion die weiter zu verarbeitende Flüssigkeit. Diese versetzt man, nachdem man sie filtrirt hat, mit so viel klarem Kalkwasser, dass ein blaues Lakmuspapier noch schwach violett gefärbt wird. Der herausfallende phosphorsaure Kalk reisst das Pepsin mit sich. Man braucht den phosphorsauren Kalk nicht vollständig herauszufällen, weil schon die ersten Portionen nahezu die ganze Masse des Pepsins mit sich reissen, und wenn man später noch mehr Kalkwasser zusetzt, man keinen weiteren Vortheil hat, sondern nur phosphorsauren Kalk bekommt, der sehr wenig Pepsin mit sich genommen. Den phosphorsauren Kalk sammelt man auf dem Spitzbeutel, presst ihn ab und vertheilt ihn dann in Wasser, dem man vorsichtig und in kleinen Portionen so viel verdünnte Salzsäure hinzusetzt, dass er sich wieder löst. Dann setzt man wieder klares Kalkwasser zu, um ihn wieder theilweise herauszufällen. Es hat das den Zweck, die Eiweisskörper, die das erste Mal noch mitgerissen worden sind, in Lösung zu erhalten, während das Pepsin immer wieder von dem phosphorsauren Kalk mitgerissen wird. Man sammelt wieder auf dem Spitzbeutel, presst wieder ab, und löst den Rückstand wieder mittelst sehr verdünnter Chlorwasserstoffsäure auf.

Man giesst die so erhaltene Flüssigkeit in eine Flasche und senkt einen langhalsigen bis auf den Boden der Flasche reichenden Trichter hinein. Durch diesen giesst man eine Lösung von Cholesterin in 4 Theilen Alkohol und einem Theile Aether hinein. Aus dieser scheidet sich, wenn sie in die wässerige Lösung hineinkommt, das Cholesterin in fein vertheiltem Zustande aus und bildet nun ähnlich wie früher der phosphorsaure Kalk einen Schlamm, an welchen sich das Pepsin anhängt. Man schüttelt mit diesem Schlamme noch gehörig durch, filtrirt und wäscht anfangs mit Wasser, das mit etwas Essigsäure angesäuert ist, dann mit reinem Wasser aus. Man hat dann auf dem Filter Cholesterin, an welches sich das Pepsin angehängt hat. Dieses gibt man ohne zu trocknen in ein Pulverglas und schüttet alkoholfreien Aether darüber, Aether, welchen man zuvor durch Schütteln mit Wasser vom Alkohol befreit hat. Der Aether zieht das Cholesterin aus, und unten bleibt eine wässerige Schicht stehen, welche das Pepsin enthält. Man giesst den Aether ab, ersetzt ihn durch neuen u. s. f. Endlich, wenn man alles Cholesterin auf diese Weise entfernt hat, lässt man die letzte Menge von Aether, welche sich nicht mehr rein abgiessen lässt, verdunsten und filtrirt die Flüssigkeit. Das Filtrat zeigt nun im hohen Grade verdauende Eigenschaften, so dass ein einziger Tropfen, in 5 Cub. Ctm. angesäuerten Wassers hineingegeben, eine Fibrinflocke noch innerhalb einer Stunde auflöst. Diese Flüssigkeit, welche so stark verdaut, wie irgend eine andere Verdauungsflüssigkeit, zeigt nun aber nicht mehr die Reactionen der Eiweisskörper. Von allen Reactionen der Eiweisskörper zeigt sie nur noch zwei. Sie wird gefällt durch neutrales und durch basisches essigsaures Blei, und wird getrübt durch Platinchlorid. Dr. Krassilnikoff, der später hier im Laboratorium meine Versuche zur Reindarstellung des Pepsins fortsetzte, gelang es, durch Dialyse die Pepsinlösung so weit zu reinigen, dass sie auch durch Platinchlorid nicht mehr getrübt wurde, aber durch neutrales und basisches essigsaures Blei wurde sie noch gefällt.

Das Pepsin ist also kein Eiweisskörper, es ist auch kein Ferment, denn es vermehrt sich nicht bei der Verdauung, es wird aber auch bei der Verdauung nicht verbraucht. Wenn es nun bei der Verdauung nicht verbraucht wird, wo bleibt es? Wird es resorbirt? Schaden kann es im Körper nicht anrichten, denn es kommt zu alkalischen Flüssigkeiten, in denen es keine verdauende Wirkung ausüben kann. Die Nothwendigkeit der Säure zur Verdauung ist ja auch der Grund, warum die Magenwand nicht verdaut wird. Die Magenwände werden nicht verdaut, weil sie vor der Verdauung geschützt sind durch das alkalische Blut, welches fortwährend durch sie hindurchcirculirt. Wenn die Circulation an irgend einer Stelle der Schleimhaut aufhört, wie dies bei gewissen krankhaften Affectionen der Magenschleimhaut geschieht, so wird dieses Stück der Schleimhaut allerdings verdaut, und wenn ein Thier in der Verdauung stirbt, so wird auch die Magenwand von der secernirten Verdauungsflüssigkeit angegriffen. Claude Bernard pflegt in seinen Vorlesungen einen Versuch zu machen, der darin besteht, dass er einen Hund während der Verdauung tödtet, und ihn dann in einen Apparat hineinlegt, in welchem das Cadaver auf einer Temperatur von 38° erhalten wird. Wenn es dann nach einer Zeit von mehreren Stunden herausgenommen

und geöffnet wird, so findet man in der Regel, dass nicht nur der Magen, sondern dass auch noch ein Theil der Milz und der Leber verdaut worden ist. Aber während des Lebens sind, wie gesagt, alle diese Wirkungen durch das circulirende alkalische Blut paralysirt. Das Pepsin kann also ohne Nachtheil resorbirt werden, und es wird offenbar resorbirt, denn es lässt sich in den Muskeln und im Urin nachweisen. Wenn man Urin mit so viel Phosphorsäure versetzt, dass eine Probe davon eine Fibrinflocke aufquellen macht, dann mit solcher Flüssigkeit zwei Reagirgläser halb anfüllt, in dem einen derselben die Flüssigkeit bis zum Sieden erhitzt und sie wieder abkühlt, dann in beide Gläser Fibrinflocken hineinwirft, so verhalten sich diese sehr verschieden. In dem Urin, der vorher zum Sieden erhitzt worden ist, bleibt die Fibrinflocke im aufgequollenen Zustande liegen, in dem andern Glase aber, in welchem die Flüssigkeit nicht zum Sieden erhitzt worden ist, löst sie sich, wenn auch sehr langsam, auf. Es erweckt dies den Verdacht, dass in dem Urin Pepsin enthalten sei, denn es ist eine charakteristische Eigenschaft des Pepsins, dass es durch Erhitzen seiner Lösungen zum Sieden seine Wirksamkeit verliert. Man kann das trockene Pepsin auf 100° und darüber erwärmen, ohne dass es unwirksam wird, wenn man aber eine Lösung von Pepsin einmal bis zum Sieden erhitzt hat, so ist sie für alle Zeit unwirksam geworden. Wir kennen bis jetzt keine Substanz, welche wie das Pepsin die Eigenschaft hätte, die geronnenen Eiweisskörper in saurer Flüssigkeit zu lösen, und dabei die Eigenschaft hätte, ihre verdauende Wirkung gänzlich zu verlieren, wenn die Lösung erhitzt wird. Man kann sich aber noch weiter überzeugen, man kann das verdauende Princip wirklich aus dem Urin isoliren. Man nimmt eine grössere Menge Urin, versetzt sie, um einen etwas reichlicheren Niederschlag zu haben, mit einer kleinen Menge von Phosphorsäure, fügt nun Kalkwasser hinzu und fällt auf diese Weise den phosphorsauren Kalk heraus. Man sammelt denselben auf dem Spitzbeutel und schlägt nun ganz den Weg ein, welchen ich zur möglichsten Reindarstellung des Pepsins angegeben habe: man erhält dann in ähnlicher Weise, wie früher aus der Verdauungsflüssigkeit, Pepsin, wenn auch in sehr geringer Menge. In ähnlicher Weise kann man das Pepsin, oder wenigstens eine in allen bis jetzt bekannten Eigenschaften sich analog verhaltende verdauende Substanz, aus den Muskeln isoliren. Man presst frisches Fleisch aus und behandelt den ausgepressten Saft, ohne ihn vorher zur Coagulation der Eiweisskörper zu erhitzen, in der vorbeschriebenen Weise. Man erhält auch hier wieder eine wirksame verdauende Flüssigkeit, die aber ihre Wirksamkeit sofort verliert, wenn sie einmal bis zum Sieden erhitzt worden ist.

Quantitative Bestimmung des Pepsins.

Kann man das Pepsin auch quantitativ bestimmen? Da man keine Garantie hat, dass das Pepsin jemals in wirklich reinem Zustande dargestellt worden ist, da man nur weiss, dass man es in relativ reinem Zustande dargestellt, das heisst, dass es von den Eiweisskörpern, mit welchen es sonst zusammen vorkommt, getrennt worden ist; so lässt sich das Pepsin nicht nach absoluten Quantitäten bestimmen: aber relativ lässt es sich bestimmen; man kann, wenn man zwei Verdauungsflüssig-

keiten *A* und *B* hat, ermitteln, dass die eine doppelt oder dreimal so viel Pepsin enthält, als die andere. Ich gehe dabei folgendermassen zu Werke: Ich füge zu jeder der zu untersuchenden Flüssigkeiten so viel Salzsäure, dass sie 1 Grm. freie *ClH* im Liter enthält, und mische in sieben Gläsern nach dem folgenden Schema mittelst der Flüssigkeit *A* sieben Verdauungsflüssigkeiten. Die Zahlen drücken die Volumina der Mischflüssigkeiten in Cubikcentimetern aus.

Glas	Pepsinlösung *A* vom Säuregrad = 1	Wasser vom Säuregrad = 1 (1 Gramm *ClH* im Liter)
I	16	0
II	8	8
III	4	12
IV	2	14
V	1	15
VI	0,5	15,5
VII	0,25	15,75

In analoger Weise mische ich in sieben andern Gläsern sieben andere Verdauungsflüssigkeiten mit Hilfe der Flüssigkeit *B*.

Glas	Pepsinlösung *B* vom Säuregrad = 1	Wasser vom Säuregrad = 1
1	16	0
2	8	8
3	4	12
4	2	14
5	1	15
6	0,5	15,5
7	0,25	15,75

Nachdem jedes einzelne Glas gut gemischt, gut durchschüttelt ist, werfe ich in jede dieser Flüssigkeiten eine Fibrinflocke und lasse die Gläser nun ruhig stehen. Wenn diese Verdauungsflüssigkeiten einigermassen wirksam sind, so verdauen die ersten Gläser, welche die Verdauungsflüssigkeit ungemischt enthalten, verhältnissmässig schnell, aber je weniger sie von der Pepsinlösung enthalten, desto langsamer verdauen sie. Nun denken Sie sich, die zweite Flüssigkeit enthalte nur halb so viel Pepsin als die erste, so wird das Glas 1 so langsam verdauen, wie das Glas II. Enthält die Flüssigkeit *B* nur den vierten Theil, so wird das Glas 1 so langsam verdauen, wie das Glas III u. s. f. — Auf diese Weise wird man also, indem man die Gläser vergleicht, in welchen die Verdauung gleichen Schritt hält, ermitteln können, wie vielmal mehr Pepsin in der einen Flüssigkeit enthalten ist als in der andern. Häufig bemerkt man, dass der Versuch anscheinende Widersprüche aufweist. Man findet z. B., dass Glas 3 mit Glas I Schritt hält, aber zugleich Glas 7 mit Glas VI; man könnte also in Zweifel sein, ob die Flüssigkeit *B* doppelt oder viermal so viel Pepsin enthält, als die Flüssigkeit *A*. Es kann auch geschehen, dass die Gläser niederer Ziffern 1, 2, 3, I, II, III alle gleich

schnell verdauen, dagegen aber die Gläser höherer Ziffern sehr bedeutende Differenzen zeigen. In allen solchen Fällen haben immer die Gläser höherer Ziffern, die Gläser, welche die verdünnteren Flüssigkeiten enthalten, den Gläsern niedriger Ziffern gegenüber Recht. Jene scheinbaren Anomalien entstehen nämlich aus folgenden zwei Ursachen. Erstens ist die Vermehrung des Pepsins über einen gewissen Grad hinaus nutzlos: wenn also in Glas 3 dieser Grad schon erreicht ist, so können 1 und 2 nicht schneller verdauen als dieses. Zweitens kann das Pepsin in einer verdünnten Lösung seine volle verdauende Wirkung, welche es überhaupt zu äussern hat, besser äussern, als in einer Lösung, die vorher nicht verdünnt worden ist: denn in jeder Verdauungsflüssigkeit befinden sich ausser Pepsin auch noch andere Substanzen, und diese hindern die Verdauung, und zwar um so mehr, je grösser die relative Menge ist, in welcher sie in der Flüssigkeit enthalten sind. Namentlich sind es die aus den Eiweisskörpern entstehenden Verdauungsproducte, die den weiteren Fortgang der Verdauung hindern, und endlich ganz sistiren. Schon Schwann bemerkte, dass er manchmal Verdauungsflüssigkeiten hatte, welche besser verdauten, wenn er vorher die Hälfte ihres Volums von saurem Wasser hinzugefügt, wenn er sie vorher mit angesäuertem Wasser verdünnt hatte. Es liegt nicht etwa in der Verdünnung des Pepsins ein Vortheil, aber es war so viel Pepsin in der Flüssigkeit, um auch noch bei der Verdünnung um die Hälfte oder um das Dreifache hinreichende verdauende Wirkungen auszuüben; zugleich waren so viel Verdauungsproducte, so viel schädliche Substanzen vorhanden, dass die Flüssigkeit deshalb besser verdaute, nachdem sie mit angesäuertem Wasser verdünnt worden war. Manchmal steht eine Verdauung vollständig still, macht keinerlei Fortschritte mehr, und wenn man dann mit angesäuertem Wasser verdünnt, setzt sie sich wieder in Gang. Es scheint dies wesentlich daran zu liegen, dass die Eiweisskörper oder ihre Verdauungsproducte durch ihre Anziehung zum Wasser dasselbe binden, so dass der Quellungsprocess der noch unveränderten Eiweisskörper nicht in der gehörigen Weise erfolgt. Bisweilen kann man in Verdauungsflüssigkeiten, welche mit Phosphorsäure angemacht sind, auch ohne Zusatz von Wasser die Verdauung wieder in Gang bringen, indem man noch etwas Phosphorsäure hinzufügt. Bei Salzsäure geht das nicht, weil ein Ueberschreiten des Säuregrades an und für sich den Quellungsprocess der Eiweisskörper behindert, was bei der Phosphorsäure nicht der Fall ist. Es scheint, dass auch im lebenden Körper manchmal eine solche Hemmung der Verdauung durch eine zu grosse Menge von Verdauungsproducten zu Stande kommt. Denn es geschieht manchmal, dass zwölf, achtzehn Stunden nach einer reichlichen Fleischmahlzeit ein saurer Mageninhalt entleert wird, in welchem eine grosse Menge des eingenommenen Fleisches, der eingenommenen Eiweisskörper noch im unverdauten Zustande enthalten ist. Dieser Mageninhalt, der so ausgeleert wird, ist dann gewöhnlich relativ dickflüssig. Da er stark sauer reagirt, so muss man erwarten, dass die hinreichende Menge von saurem Magensaft abgesondert worden ist, und dass es deshalb wahrscheinlich nur die zu grosse Menge von Eiweisskörpern und die damit verbundene zu grosse Menge von Verdauungsproducten war, welche es nicht zu einer vollständigen Verdauung hat kommen lassen.

Die quantitative Probe auf Pepsin kann man ganz in der Weise, wie ich es hier mit Fibrinflocken beschrieben habe, auch mit Eiweiss anstellen, und dies ist sogar in gewisser Hinsicht vorzuziehen, da man sich die Eiweissstücke gleichförmiger verschaffen kann, als die Fibrinflocken. Man muss aber, da das Eiweiss langsamer verdaut wird, länger auf das Resultat warten.

Man nimmt das Weisse von hartgekochten Hühnereiern, schneidet dasselbe in Würfel von zwei bis drei Millimeter Seite, und verwendet diese Würfel, um sie in die verschiedenen Gläser hineinzulegen, welche man in der Weise zugerichtet hat, wie ich es Ihnen früher beschrieben habe. Hier geht aber der ganze Process, wie gesagt, langsamer vor sich. Das in der Hitze geronnene Eiweiss wird langsamer verdaut als das rohe Blutfibrin, weil das rohe Blutfibrin in seiner ganzen Masse aufquillt, während der Aufquellungsprocess, der der Lösung vorhergehen muss, beim geronnenen Hühnereiweiss nur immer an der Oberfläche stattfindet. Dann muss sich erst wieder eine Schicht lösen, damit der Aufquellungsprocess wiederum weiter eingreifen kann. Es scheinen dabei verschiedene Bestandtheile des Eiweisses ungleich schnell angegriffen zu werden. Form und Grösse des Würfels ändern sich anfangs nicht, aber er wird an den Kanten durchscheinend. Auch hier gilt die Regel, dass immer diejenigen Gläser, in welchen die verdünntesten Verdauungsflüssigkeiten sind, das sicherste Resultat geben. Ich pflege den relativen Pepsingehalt abzuschätzen nach Gläsern, welche bei diesen Versuchen 6 bis 8 Stunden brauchen, um mit ihrem Eiweisswürfel fertig zu werden. Denn eine Pepsinlösung, welche mit einem Eiweisswürfel von 3 Millimeter Seite in weniger als 3 Stunden fertig wird, hat schon überhaupt das Maximum der Verdauungsfähigkeit, und wenn man eine andere daneben hat, welche drei, vier, ja zehnmal so viel Pepsin enthält, so verdaut sie darum doch nicht schneller. Man kann die Zeit etwas abkürzen, indem man sich nicht der Eiweisswürfel bedient, sondern das rohe Eiweiss mit Wasser verdünnt durch ein Tuch laufen lässt, und hierauf, nachdem man es neutralisirt hat, erhitzt, wo es sich dann in feinen Flocken abscheidet. Es sind zwar diese Flocken nicht so gleichmässig in ihrer Grösse, und so gleich beschaffen, wie die Eiweisswürfel, aber man kann die gleichgehenden Gläser doch in der Regel gut erkennen, denn es ist bei solchen Proben bald zu ersehen, ob die Verdauung begonnen hat, und ob sie vorwärts geht, oder ob sie nicht vorwärts geht. So lange nämlich nichts verdaut ist, klärt sich die Flüssigkeit sofort wieder, wenn man sie aufgeschüttelt hat, die Eiweissflocken senken sich sofort wieder zu Boden; wenn aber bereits eine Portion verdaut ist, und man schüttelt, so trübt sich die ganze Flüssigkeit, und klärt sich nicht vollkommen wieder. Das beruht darauf, dass beim Verdauen des Eiweisses immer ein sehr fein vertheilter, molekularer Rückstand bleibt, welcher sich viel schwerer aus der Flüssigkeit heruntersenkt, als die noch unverdauten Eiweissflocken.

Man benützt in neuerer Zeit auch künstlich gefärbte Fibrinflocken zu Verdauungsproben; weil man dann an der zunehmenden Färbung der Flüssigkeit gut sieht, ob sie sich rasch oder langsam auflösen.

Ein anderes Verfahren hat Grünhagen angegeben. Es besteht darin, dass man in Salzsäure von 2 pro mille so viel Fibrin einträgt,

dass das Ganze eine gallertige Masse bildet, und diese gallertige Masse auf einen Trichter legt. Nun fügt man eine Anzahl Tropfen der zu untersuchenden Verdauungsflüssigkeit hinzu. Je reicher an Pepsin die Verdauungsflüssigkeit ist, um so rascher tropft Flüssigkeit aus dem Trichter ab, denn es tropft ja nur das ab, was sich löst, das was nur aufgequollen ist, bleibt auf dem Trichter. Man beurtheilt deshalb die Menge des Pepsins nach der Menge von Flüssigkeit, welche in der Zeiteinheit vom Trichter abtropft. Es ist dieses Verfahren wohl zu brauchen, um zu schätzen, ob eine Flüssigkeit mehr oder weniger Pepsin enthält, als eine andere: Quantitäten, auch relative, lassen sich damit nicht bestimmen, da kein Beweis dafür vorliegt, dass die Menge des in der Zeiteinheit gelösten gradlinig wächst mit der Menge des Pepsins.

Am allerunbrauchbarsten, man kann sagen völlig unbrauchbar, ist dasjenige Verfahren, welches am allerhäufigsten eingeschlagen worden ist, das Verfahren, die Menge von Pepsin in einer Verdauungsflüssigkeit zu beurtheilen nach der Menge von Eiweiss, welches dieselbe überhaupt auflöst. Es ist dieses Verfahren geradezu ohne allen Sinn. Denn es würde ja nur einen Sinn haben, wenn man mit einer bestimmten Quantität Pepsin stets nur eine bestimmte Quantität Eiweiss auflösen könnte. Das ist aber durchaus nicht der Fall, sondern es kommt ja immer darauf an, wie viel Flüssigkeit für die Auflösung gegeben ist. Wenn ich auch nur eine relativ kleine Menge von Pepsin habe, mir aber gestattet ist, diese kleine Menge von Pepsin in einer hinreichend grossen Menge einer richtig titrirten verdünnten Säure aufzulösen, und wenn mir zweitens unbegrenzte Zeit für die Verdauung gegeben ist, so kann ich mit dieser kleinen Menge von Pepsin eine sehr grosse Menge von Eiweiss auflösen. Wenn ich dagegen auch eine verhältnissmässig grosse Menge von Pepsin mit einer kleinen Menge von verdünnter Säure anmache und in diese nun eine überschüssige Quantität von Eiweiss hineinthue, so wird nach kürzerer oder längerer Zeit die Menge der Verdauungsproducte so gross, dass die ganze Verdauung sistirt wird, und ich bilde mir nun ein, ich hätte diejenige Menge von Eiweiss gelöst, welche ich mit der vorhandenen Pepsinmenge überhaupt hätte auflösen können, während ich thatsächlich, wenn ich mehr verdünnte Säure genommen und mir mehr Zeit gelassen hätte, vielleicht die hundertfache Eiweissmenge mit derselben Quantität Pepsin hätte auflösen können.

Bei allen quantitativen Pepsinbestimmungen ist es wichtig, den Säuregrad immer gleich einzurichten, und den passenden Säuregrad zu treffen, denjenigen, bei welchem die Verdauung am besten von statten geht. Dieser ist nun nicht ganz gleich für rohes Fibrin und für durch Hitze geronnenes Eiweiss. Wenn man die Versuche bei gewöhnlicher Zimmertemperatur, also bei einer Temperatur von 18° C. anstellt, so liegt der beste Säuregrad für Fibrin zwischen 0,8 und 1,0 Gramm ClH im Liter, dagegen liegt der beste Säuregrad für in der Hitze geronnenes Eiweiss bei derselben Temperatur zwischen 1,2 und 1,6 Gramm im Liter. Das Eiweiss verlangt also etwas mehr Säure als das rohe Blutfibrin. Einen wesentlichen Einfluss hat die Temperatur. Wenn man nämlich die Verdauungsversuche in einem Brütofen zwischen 37° und 38° C., also der Temperatur des menschlichen Körpers anstellt, so findet man, dass viel rascher verdaut wird. Damit hängt es zusammen, dass die

warmblütigen Thiere sehr viel rascher verdauen als die kaltblütigen. Das Pepsin der kaltblütigen Wirbelthiere verhält sich in höheren Temperaturen ganz so, wie das der warmblütigen, und soll nach den Versuchen von Morisier seine Wirksamkeit noch bei 0 Grad gezeigt haben, während mit Hundepepsin bei dieser Temperatur nicht mehr merklich verdaut wurde. Es scheint, dass bei den Insekten noch dasselbe verdauende Princip vorkommt oder doch ein sehr ähnliches. Dr. v. Basch hat in den sogenannten Speicheldrüsen der Blatta orientalis einen sauren Saft gefunden, welcher sich bei Verdauungsversuchen ganz so verhält, wie der saure Magensaft der Wirbelthiere. Möglicher Weise ist das Pepsin selbst in der Pflanzenwelt verbreitet. Man hat davon vermuthungsweise gewisse Erscheinungen abgeleitet, die an insektenfangenden Pflanzen beobachtet wurden, und in neuester Zeit hat v. Gorup-Besanez aus dem Samen der Wicken ein Extract erhalten, welches in Salzsäure gequollenes Fibrin in ganz ähnlicher Weise auflöst wie Pepsin. Es ist indessen noch zweifelhaft, ob dies durch Pepsinwirkung geschieht.

Es wird aber nicht nur rascher verdaut bei der Temperatur des menschlichen Körpers, sondern man ist auch unabhängiger vom Säuregrade, indem bei dieser erhöhten Temperatur die Verdauung des durch Hitze geronnenen Eiweisses ziemlich gleich gut mit Säuregraden von 1 bis 7 pro mille vor sich geht. Bei den kaltblütigen Thieren, die überhaupt sehr langsam verdauen und einen langsamen Stoffwechsel haben, kommt nicht viel darauf an, ob sie das eine oder das andere Mal etwas rascher oder langsamer verdauen. Bei uns aber, bei unserem raschen Stoffwechsel kommt es immer darauf an, dass unsere Verdauung zur rechten Zeit beendigt sei, dass sie nicht protrahirt werde. Es ist deshalb bei uns wünschenswerth, dass bei unserer Körpertemperatur von 37° C. ein grösserer Spielraum für den Säuregrad vorhanden sei; der Fortgang unserer Verdauung ist dadurch weniger von der etwas mehr oder weniger sauren Beschaffenheit unseres Magensaftes abhängig.

Die Verdauungsproducte.

Wir müssen unterscheiden zwischen Verdauungsproducten erster Ordnung, das heisst zwischen dem, was unmittelbar nach der Lösung entsteht, und zwischen Verdauungsproducten zweiter Ordnung oder secundären Verdauungsproducten, welche bei weiterer Einwirkung des Magensaftes entstehen.

Das Bindegewebe wird umgewandelt in eine leimähnliche Substanz, in eine Substanz, welche sich gegen Reagentien wie Leim verhält. Bei dieser Umwandlung spielt ohne Zweifel die Säure wiederum eine wesentliche Rolle. Denn man kann auch ohne Pepsin Bindegewebe nach Einwirkung einer Mineralsäure durch Wasser von verhältnissmässig niederer Temperatur in Leim umsetzen. Es wurde dazu zuerst von Ruthay schwefelige Säure, dann von Rollett Schwefelsäure angewendet, und es ist bekannt, dass Bindegewebe beim Kochen in angesäuertem Wasser viel schneller in Leim umgewandelt wird als beim Kochen in reinem Wasser.

Es wird als ein wesentlicher Unterschied des sogenannten Leimpeptons, das heisst des Verdauungsproductes des Leimes angegeben, dass

dasselbe beim Erkalten keine Gallerte gibt. Ich habe aber keine Erfahrung darüber, ob dieses Product im Magen unmittelbar nach der Lösung des Bindegewebes entsteht, oder ob erst gewöhnlicher Leim entsteht, der dann erst bei weiterer Einwirkung des Magensaftes seine Gerinnbarkeit verliert. Beim Menschen muss man noch hinzubringen, dass ja das Bindegewebe von ihm nicht im rohen Zustande genossen wird, sondern dass es theils ganz, theils halb in Leim umgewandelt ist.

Rohes Hühnereiweiss, natives Eiweiss, wird nach und nach in Syntonin, in durch Säuren verändertes Eiweiss umgewandelt. Man kann leicht zeigen, dass diese Veränderung blos durch die Säure hervorgebracht wird; denn, wenn man Eiweiss mischt einerseits mit der verdünnten Säure allein, andererseits mit einer Verdauungsflüssigkeit von gleichem Säuregrade, so geht diese Umwandlung in Syntonin in der Verdauungsflüssigkeit durchaus nicht schneller von statten als in der blos verdünnten Säure. Ja in meinen und in Meissner's Versuchen ging sogar in der blos verdünnten Säure die Umwandlung des Eiweisses in Syntonin schneller von statten, als in der Verdauungsflüssigkeit.

Wenn man rohes Blutfibrin verdauet, und unmittelbar nach der Auflösung die filtrirte Flüssigkeit mit etwas Ammoniak neutralisirt, so bildet sich, sobald die Säure so weit abgestumpft ist, dass die Flüssigkeit blaues Lakmuspapier nur noch violett oder schwach roth färbt, ein Niederschlag. Dieser Niederschlag löst sich in überschüssigem Alkali wieder auf und löst sich auch wieder auf in überschüssiger Säure. Er verhält sich wesentlich wie Syntonin, wie durch Säuren verändertes Eiweiss. Wenn man aber die Flüssigkeit, welche man von diesem Niederschlage abfiltrirt hat, zum Sieden erhitzt, so gibt sie noch wiederum ein Coagulum; sie enthält also noch natives Eiweiss. Der Grund, dass man dieses native Eiweiss früher öfter übersehen hat, liegt darin, dass man die sauren Verdauungsproducte erhitzte und nun erwartete, dass sich ein Coagulum bilden sollte. Es coagulirte aber nichts, weil bei einem solchen Säuregrade in der Wärme das native Eiweiss in Syntonin umgewandelt wird und sich nicht ausscheidet, wenn es nicht in sehr grosser Menge vorhanden oder mit viel Salzen gemischt ist.

Das rohe Fibrin gibt also ein fällbares Eiweiss, und zwar Syntonin, und lösliches Eiweiss als erste Verdauungsproducte, und gerade so verhält es sich mit dem rohen Fleische. Anders aber verhält es sich mit sämmtlichen gekochten Eiweisskörpern, mit gekochtem Fleische, gekochtem Fibrin und gekochtem Hühnereiweiss. Alle diese geben zwar auch das sogenannte Neutralisationspräcipitat, das heisst, die Lösung lässt eine Quantität Syntonin fallen, wenn man sie neutralisirt, aber wenn man dann die abfiltrirte Flüssigkeit erhitzt, so bekommt man kein Coagulum mehr, es ist also kein natives Eiweiss in den Verdauungsproducten vorhanden. Es liegt darin ein grosses Räthsel unserer Ernährung. Der grösste Theil unserer Säftemasse ist mit nativem Eiweiss durchsetzt, natives Eiweiss verbrauchen wir, und natives Eiweiss müssen wir wieder ersetzen. Nun nehmen wir aber alle Eiweisskörper im gekochten Zustande zu uns, und am Ende der Magenverdauung können wir in den Verdauungsproducten gar kein natives Eiweiss nachweisen. Dieses muss also auf irgend einem anderen Wege wieder entstehen.

Das Syntonin, welches in Gestalt des Neutralisationspräcipitats herausgefällt wird, ist eigentlich nicht wirklich gelöst in der Flüssigkeit enthalten, sondern nur in hohem Grade aufgequollen. Man kann sich davon überzeugen, wenn man die filtrirten Verdauungsproducte ansieht, während die Sonne darauf scheint. Man bemerkt dann, dass die Flüssigkeit opalisirend ist, und wenn man eine Linse nimmt und lässt einen Lichtkegel hineinfallen, so sieht man den Weg des Lichtkegels wie in einer fluorescirenden Flüssigkeit. Es ist dies aber keine Fluorescenz, sondern es rührt dies her von Reflexion an kleinen festen Körpern: denn, wenn man eine Turmalinplatte oder ein Nicol'sches Prisma vor seinem Auge herumdreht und durch dasselbe die Flüssigkeit mit dem Strahlenkegel ansieht, so bemerkt man, dass es eine Stellung gibt, bei der der Strahlenkegel ein Maximum von Helligkeit hat, und dass bei einer Drehung um 90° ein Minimum der Helligkeit eintritt, dass also das Licht, das aus der Flüssigkeit kommt, polarisirt ist. Wenn neutralisirt wird, geschicht eigentlich nichts Anderes, als dass die kleinen Syntoninflöckchen schrumpfen und sich nun als Niederschlag zu Boden senken. Damit klärt sich die Flüssigkeit und ihre Opalescenz, ihre anscheinende Fluorescenz hat aufgehört. Sie entsinnen sich, dass wir schon bei dem fällbaren Eiweiss im Allgemeinen gesehen haben, dass die Erscheinungen so sind, dass sie sich viel besser auf einen Quellungsprocess und einen Schrumpfungsprocess zurückführen lassen, als auf eine wahre Auflösung und Fällung.

Wenn man künstliche Verdauungsversuche anstellt und von Zeit zu Zeit die Flüssigkeit untersucht, so findet man, dass die charakteristischen Reactionen der Eiweisskörper immer mehr verschwinden, und dass zuletzt die Flüssigkeit von allen den Reagentien, welche Lösungen von Eiweisskörpern fällen, nicht mehr gefällt wird, mit Ausnahme von Gerbsäure, von Phosphorwolframsäure, von Phosphormolybdänsäure und Jodquecksilberkalium, welche in der sauren Lösung noch einen Niederschlag hervorbringen. Die Körper, welche nun darin sind, haben nicht mehr die Charaktere der Eiweisskörper, wenn sie auch noch einige besitzen, wenn sie sich auch noch mit Kupferoxyd und Kali violett, mit Salpetersäure und Ammoniak gelb färben. Diese Körper nennt man Peptone. Da die Reactionen der Eiweisskörper allmälig verschwinden, muss man eine gewisse Grenze festsetzen, von welcher an man diese Körper Peptone nennt. Man findet diese Grenze conventionell in der Fällung mit Blutlaugensalz aus der sauren Lösung. So lange ein Bestandtheil des Verdauungsgemisches noch durch Blutlaugensalz aus sauren Lösungen gefällt wird, heisst er ein Eiweisskörper: wenn er aber nicht durch Blutlaugensalz aus sauren Lösungen gefällt wird, aber noch gefällt wird durch Gerbsäure, Phosphorwolframsäure, Phosphormolybdänsäure und Jodquecksilberkalium, dann heisst er ein Pepton. Es herrscht indessen in der Nomenclatur keine Uebereinstimmung. Lehmann und Meissner nennen Substanzen Peptone, die noch durch Blutlaugensalz gefällt werden, während Mulder von seinen Peptonen verlangt, dass sie aus saurer Lösung nicht nur nicht durch Blutlaugensalz, sondern auch nicht durch Alkohol gefällt werden. Diese Peptone sind von Einigen für Umwandlungsproducte, von Andern für Zersetzungsproducte der Eiweisskörper gehalten worden. Wir wissen über ihre chemische Natur ausserordentlich wenig,

und mit dem Wenigen, was wir darüber wissen, können wir nichts anfangen. Man hat früher allgemein die Vorstellung gehegt, dass diese Peptone sich im lebenden Körper wieder vereinigten oder regenerirt würden zu Eiweisskörpern, dass alle Eiweisskörper erst in Peptone umgewandelt werden müssten, und dass sich der Körper aus diesen Peptonen wiederum das Eiweiss schaffe, das er braucht. Man war durch eine seltsame Reihe von Missverständnissen und Fehlschlüssen zu der Idee gekommen, dass überhaupt die Eiweisskörper als solche nicht resorbirt werden könnten, und deshalb sah man sich zu der Annahme gedrängt, dass sie erst in Peptone umgewandelt und dann regenerirt werden müssten. Man weiss aber jetzt, dass die Eiweisskörper als solche, und zwar in nicht unbeträchtlicher Menge, der Resorption anheimfallen. Es ist also auch die Annahme nicht mehr selbstverständlich, dass die Peptone zu Eiweisskörpern regenerirt werden. Wenn sie noch weiter bestehen soll, so muss sie durch positive Thatsachen gestützt werden. Dies haben in neuerer Zeit Plósz und Maly unternommen. Ersterer fütterte einen jungen Hund mit Zucker, Fett und den Verdauungsproducten von Fibrin, aus denen er alles native Eiweiss und alles Syntonin entfernt hatte. Das Thier wuchs und nahm an Gewicht zu und zwar in 18 Tagen um 101 Gramm. Letzterer fütterte unter Beihülfe von Kohlehydraten, Fett und Weizenasche eine Taube mit dem Alkoholpräcipitate eines Gemenges von Fibrinverdauungsproducten, aus dem das durch Neutralisation und Kochen fällbare abgeschieden war, das aber noch theilweise gefällt wurde durch Blutlaugensalz, wenn nur freie Essigsäure, keine freie Salzsäure, darin enthalten war. Die Fütterung gelang gleichfalls, und das Thier nahm nicht unbeträchtlich an Gewicht zu. Es wird sich nun darum handeln, eine bestimmte Reaction zu ermitteln, welche die Verdauungsproducte, die im engeren Sinne des Wortes assimilirt werden oder assimilirt werden können, von denen unterscheidet, bei welchen dies nicht der Fall ist, von denen, die resorbirt direct dem weiteren Zerfalle entgegengehen. Dass dieser Zerfall stets für einen Theil der Eiweisskörper der Nahrung eintritt, darüber kann nach den Fütterungsversuchen von Voit kein Zweifel mehr obwalten. Es bezieht sich darauf, was ich Ihnen früher sagte, dass die am leichtesten verdaulichen Nahrungsmittel vielleicht nicht gerade diejenigen sind, welche am besten ausgenützt werden. Denn am besten ausgenützt wird nach unseren jetzigen Vorstellungen ein Eiweisskörper als Nahrungsmittel dann, wenn von ihm möglichst viel in wenig modificirter Gestalt resorbirt wird, und möglichst wenig schon im Magen oder Darmkanal eine tiefer eingreifende Zersetzung erfährt.

Dass bei der Magenverdauung bei Weitem nicht alle Eiweisskörper in sogenannte Peptone umgewandelt werden, kann man auf das schlagendste beweisen. Erstens findet sich zu jeder Zeit der Magenverdauung Syntonin in den Verdauungsproducten, und zweitens werden die Eiweisskörper im Magen gar nicht einmal vollständig gelöst. An einer Patientin, welche in Folge einer Verwundung eine hochliegende Dünndarmfistel hatte, beobachtete Busch, dass die ersten Spuren der genossenen Speisen schon zwischen 15 und 35 Minuten nach der Nahrungseinnahme aus der Fistelöffnung austraten. Bekanntlich verweilen im Ganzen die Nahrungsmittel im Magen drei bis vier Stunden. Nach dieser Zeit entleert

sich der Magen; nur die Nacht macht nach den Beobachtungen von Busch eine Ausnahme davon, indem er häufig noch am andern Morgen Nahrungsmittel aus der Fistelöffnung austreten sah, die am Abend vorher genossen worden waren. Aber selbst die Zeit einer Nacht würde nach unseren künstlichen Verdauungsversuchen viel zu kurz sein, um alle Eiweisskörper in Peptone umzuwandeln, und die directe Erfahrung zeigt auch, dass nicht nur Eiweisskörper in den Dünndarm übergehen, sondern dass selbst noch ungelöste Eiweisskörper in den Dünndarm in ziemlicher Menge übergehen. Wenn man den Dünndarminhalt mikroskopisch untersucht, so findet man immer eine grosse Menge von Muskelfasern und Trümmer von Muskelfasern in demselben. Es beruht dies darauf, dass im Magen das Bindegewebe aufgelöst worden ist, die Muskelfasern auseinandergefallen sind, aber dass nicht die hinreichende Zeit vorhanden war, um auch alle Muskelfasern aufzulösen.

Fette und Kohlehydrate während der Magenverdauung.

Ehe wir die Magenverdauung verlassen, müssen wir noch der übrigen Nahrungsmittel gedenken, der Fette und der Kohlehydrate. Die Fette werden im Magen wenig verändert, man findet sie in grossen Tropfen und anscheinend unverändert vor. Nur ausnahmsweise und unter nicht näher bekannten Umständen scheinen sich fette Säuren in einiger Menge abzuspalten. Von der Veränderung der Kohlehydrate, speciell von der Veränderung der gekochten Stärke haben wir schon gesprochen. Wir haben gesehen, dass zu Anfang, so lange die Reaction noch nicht zu sauer ist, der Speichel seine Wirkung fortsetzt, und namentlich Stärke in Dextrin und zunächst in Erythrodextrin umsetzt. Nach Versuchen an Hunden tritt aber im späteren Verlaufe der Magenverdauung, mehrere Stunden nach der Nahrungseinnahme noch eine andere Veränderung, die Milchsäuregährung auf. Dass Milchsäure im Magen aus den Kohlehydraten gebildet wird, weiss man seit einem Vierteljahrhundert und länger. Aber man hat dies immer so aufgefasst, als ob diese Milchsäure nur aus dem eingeführten, oder aus dem durch die Einwirkung des Speichels aus der Stärke erzeugten Zucker gebildet würde. Es hat sich nun gezeigt, dass auch die Stärke durch den Umsetzungsprocess, der die Milchsäure erzeugt, in Mitleidenschaft gezogen wird, und zwar, dass sie zunächst umgewandelt wird in Erythrodextrin, von Erythrodextrin in Achroodextrin dann weiter verändert wird und Milchsäure gibt, höchst wahrscheinlich, indem zuerst Achroodextrin und Zucker gebildet wird, der sich gleich wieder verwandelt, so dass man davon immer nur verhältnissmässig sehr geringe Mengen im Magen findet. Es ist wesentlich derselbe Process, wie er beim Sauerwerden der Weberschlichte vor sich geht. Wenn man Kleister sich selbst überlässt, verschwindet nach und nach die blaue Stärkereaction; eine Probe von der Substanz färbt sich mit Jod roth, sie wird dabei sauer, es geht die bekannte Umwandlung von Stärke in Erythrodextrin und Zucker, und endlich in Milchsäure vor sich. Wir glauben zu wissen, dass ausserhalb des Körpers diese Veränderung durch ein Ferment erzeugt wird, welches aus der Luft in den Kleister hineingelangt. Wahrscheinlich geht in analoger Weise auch innerhalb des menschlichen Körpers dieser Gährungsprocess vor sich,

indem ja der Magen nicht systematisch gereinigt wird, sondern alles Mögliche in ihn hineingelangt. Die wesentlichsten Versuche sind bis jetzt an Hunden angestellt worden. Bei diesen wird die Reaction viel früher und stärker sauer als beim Menschen. Bei Hunden kommt also weniger von der Umwandlung der Stärke auf Rechnung des Speichels, und mehr auf Rechnung der Milchsäuregährung. Beim Menschen wird offenbar relativ mehr von der Umwandlung der Stärke auf Rechnung des Speichels kommen, weil der Speichel wegen der schwächer sauren Reaction länger einwirken kann.

Uebertritt der Nahrungsmittel in das Duodenum.

Die Nahrungsmittel verlassen, wie gesagt, den Magen nicht plötzlich, sondern allmälig, und schon in einer sehr frühen Periode sah Busch, wie erwähnt, kleinere Mengen in den Darm gelangen. Aber zuletzt, gegen das Ende der Verdauung, pflegen sich doch die Contractionen, die den Speisenbrei in den Dünndarm hinüberführen, zu verstärken, und es kann die Frage entstehen: Was ist es eigentlich, was diese Contractionen anregt? Ein mechanischer Reiz kann es nicht wohl sein, denn als die Speisen verschlungen wurden und noch nicht aufgelöst waren, mussten sie offenbar mehr mechanischen Reiz ausüben als später, nachdem sie verdaut worden sind. Man kann also nur entweder annehmen, dass das Ausstossen des Speisenbreies aus dem Magen eine Erscheinung sei, welche bis zu einem gewissen Grade an eine bestimmte Zeit gebunden ist, so dass aus inneren Ursachen, ohne dass ein besonderer äusserer Reiz einzuwirken braucht, Contractionen des Magens erfolgen, welche den Speisenbrei austreiben, oder man muss annehmen, dass es die vermehrte Säure ist, welche einen Reiz auf die Magenwandungen ausübt. Die Menge der Säure steigt gegen das Ende der Verdauung. Die Substanzen, die wir in den Magen hineingebracht haben, reagiren an und für sich nicht nothwendig sauer, und wohl selten so sauer wie der Magensaft; aber während der Verdauung wird fortwährend neuer Magensaft abgesondert und damit seine Reaction die herrschende. Nach dem Genusse von Kohlehydraten wird, wie wir gesehen haben, ausserdem noch Säure aus diesen gebildet.

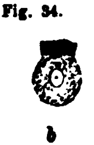
Anatomie des Darmrohres.

Wir unterscheiden im Darmkanale ebenso, wie im Magen drei Schichten: Die Schleimhaut, das submucöse Bindegewebe oder die Tunica nervea seu vasculosa und die Muskelhaut; dazu kommt noch an denjenigen Theilen, an welchen der Darm vom Peritonäum überzogen ist, der Peritonäalüberzug. An der Schleimhaut bemerken wir lange Hervorragungen, die Darmzotten, und zwischen diesen sack- oder handschuhfingerförmige Einsenkungen unter das Niveau der Schleimhaut, die Lieberkühn'schen Krypten. Die Zotten sind überzogen von dem Cylinderepithel, das, wie wir gesehen haben, in der Cardia anfängt und sich von da an durch den Magen und durch den ganzen Darm fortsetzt und auch die Krypten auskleidet. Die Cylinderzellen der Zotten zeigen an ihrer Oberfläche, an ihrem dem Darme zugekehrten Ende einen eigenthümlichen Saum, welchen schon Gruby und Delafond kannten, und mit

dem Namen des bourrelet bezeichneten, weil er sich gewöhnlich oben etwas verbreiterte, so dass sie ihn mit dem Fries an der Kanone verglichen, welcher im Französischen bourrelet heisst. Später entdeckte man an diesem Saume eine Streifung, welche mit der Längsaxe der Zellen parallel läuft, und man deutete diese Streifung anfangs fälschlich als den Ausdruck eines Systems von Porenkanälen, welche die hier oben angeblich verdickte Zellenwand durchsetzen sollten. Hier oben existirt aber gar keine Zellenwand, sondern die Zellmembran aller Cylinderzellen, auch der Flimmerzellen, ist becherförmig, und oben ist sie offen, so dass das in dem Becher liegende Protoplasma nach oben zu nirgends von ihr bedeckt wird, und Brettauer und Steinach haben gezeigt, dass unser Saum aus einem System von äusserst kleinen stäbchenförmigen Gebilden besteht, welche unmittelbar auf das Protoplasma aufgepflanzt oder in das Protoplasma eingepflanzt sind und demselben wie die Haare einer Bürste aufsitzen. Man kann sich davon am besten überzeugen, wenn man dergleichen Zellen in einer verdünnten Lösung von chromsaurem Kali oder von phosphorsaurem Natron macerirt. Da geht das Protoplasma bei einer grossen Anzahl von Zellen aus der becherförmigen Hülle heraus: man sieht die becherförmige, leere Hülle daneben liegen, und sieht das rundlich aufgequollene oder unregelmässige Protoplasma, auf dem an einer Seite die kleinen Stäbchen aufsitzen. Fig. 34 zeigt in *a* zwei unversehrte Cylinderzellen mit den Stäbchen, *b* zeigt den ausgetretenen Protoplasmaleib, wiederum mit den Stäbchen, und *c* die leere becherförmige Hülle, die Zellmembran. Dieser Saum, oder wie wir es jetzt nennen wollen, dieses Stäbchenorgan scheint eine sehr grosse Verbreitung im Thierreiche zu haben. Man findet es nicht nur bei den Wirbelthieren, man kennt es schon bei den Insekten, und man kennt es auch bei Ascaris lumbricoides, welcher sogar das schönste Object für die Untersuchung bietet, weil die Stäbchen ausserordentlich viel grösser und länger sind als beim Menschen. Bei den Wirbelthieren gehören sie mit zu den schwierigsten Objecten der mikroskopischen Untersuchung. Brettauer und Steinach haben bemerkt, dass bei Thieren, welche gefastet haben, der Saum breiter ist, und die Streifen deutlicher sind, dass dagegen bei Thieren, welche gefüttert worden sind, bei Thieren, die sich in der Resorption befinden, der Saum schmäler ist und die Strichelung desselben undeutlicher. Man kann dies vielleicht so erklären, dass sich, wenn die Resorption im Gange ist, die einzelnen Stäbchen verkürzen und dabei dicker werden. Die Folge davon muss sein, dass der Saum schmäler, und zweitens, dass die Strichelung weniger deutlich wird, weil sich dann die einzelnen Stäbchen aneinanderdrängen, während umgekehrt, wenn sie länger und dünner werden, die Strichelung deutlicher werden muss, und zugleich der Saum breiter.

Fig. 34.







Man lässt gewöhnlich auf das Cylinderepithel der Zotten eine sogenannte Grundmembran, oder wie sie von den Engländern, die sie zuerst beschrieben, genannt wird, eine basement membrane folgen. Es ist jedoch dieselbe auf den Zotten niemals isolirt worden, sondern nur an den Lieberkühn'schen Krypten, und man lässt sie, da man nicht sagen kann,

dass sie am Grunde der Zotten aufhöre, sich auch über diese erstrecken. Unter dem Epithel, beziehungsweise unter der hypothetischen Grundmembran, liegt das mantelartig gebildete Capillargefässnetz der Zotten. In jede Zotte geht eine kleine Arterie hinein, welche bereits in der unteren Hälfte capillar zerfällt und das mantelartige Capillarnetz bildet, aus dem sich im oberen Theile der Zotte eine Vene entwickelt, die jedesmal nach innen von den Capillargefässen liegend, in der Zotte herabläuft. Es können dieser Arterien und Venen auch mehrere sein. Die Zotten sind nämlich bei verschiedenen Thieren und an verschiedenen Orten bald faden- oder fingerförmig, bald keulenförmig, bald zungenförmig, bald flach und blattförmig, und in diese breiteren, blattförmigen Zotten geht nicht nur eine Arterie hinein und eine Vene heraus, sondern mehrere. Die Zotten des Menschen dagegen sind im Allgemeinen nicht breit und nur mässig abgeplattet, so dass in der Regel nur eine Arterie hineingeht und eine Vene wieder herauskommt. Die in einzelnen Büchern gemachte Angabe, dass die Arterie in der Zotte hinauflaufe, sich oben in das Capillargefässnetz vertheile, und dass sich aus diesem Capillarnetz an der Wurzel der Zotte die Vene sammele, rührt von einer Verwechslung von Venen und Arterien her. Nach innen von dem Capillarnetz und in den Maschen der Capillargefässe liegt das eigentliche Zottenparenchym. Man bezeichnet es gewöhnlich mit dem Namen des Bindegewebes, so wie man auch das Stroma der eigentlichen Schleimhaut mit dem Namen des Bindegewebes bezeichnet. Es ist aber ein eigenthümliches Gewebe, welches wir später bei der Resorption genauer werden kennen lernen. In diesem Stroma liegen glatte Muskelfasern, welche nicht einen zusammenhängenden Mantel bilden, sondern einzelne Bündel oder Stränge, welche die Zotte hinauflaufen. In der Axe der Zotte befindet sich ein Hohlraum, der sogenannte innere Zottenraum, in welchem, wie wir später sehen werden, sich der Chylus zuerst ansammelt, welcher also in dieser Beziehung als der Anfang des Chylusgefässsystems bezeichnet werden kann.

Die Einsenkungen unter das Niveau der Schleimhaut sind die Lieberkühn'schen Krypten. Sie sind kleine handschuhfingerförmige oder, da sie im Verhältnisse zur Dicke nicht so lang sind wie ein Handschuhfinger, beutelförmige oder sackförmige Vertiefungen, in welche das Cylinderepithel der Schleimhaut hinabgeht. Hier kann man unter dem Cylinderepithel eine eigene basement membrane, eine Grundmembran, nachweisen. Wenn man eine Zotte mit einer sehr kleinen Pincette anfasst — was namentlich bei den grossen blattförmigen Zotten grösserer Vögel, z. B. der Hühner, sehr gut geht — und sie herausreisst, so reisst man von den umstehenden Lieberkühn'schen Krypten das Epithel und die Grundmembran mit heraus, so dass, wenn man das Ganze bei schwächerer und dann bei stärkerer Vergrösserung ansieht, man bemerkt, dass an der Basis der Zotten Beutelchen aus einer glashellen Membran hängen, die mit einem Cylinderepithel ausgekleidet sind, und die nichts Anderes sind als ausgerissene Lieberkühn'sche Krypten.

Auf die Grundmembran folgt wiederum das eigentliche Gewebe der Schleimhaut, von welchem wir bei der Lehre von der Resorption näher sprechen werden, und darunter folgt das Muskellager der Schleimhaut, welches die letztere vom submucösen Bindegewebe trennt. Dieses ist hier schon vollständig in zwei Lager gesondert, in ein inneres stärkeres

Ringmuskellager und in ein äusseres dünneres Längsmuskellager. Die Elemente desselben gleichen denen in den Zotten, mit welchen sie auch in unmittelbarem Zusammenhange stehen. Sie unterscheiden sich von denen im subperitonäalen Muskellager des Darmes dadurch, dass sie kleiner, namentlich kürzer sind als diese. Hierauf folgt das submucöse Bindegewebe, die Tunica nervea seu vasculosa der Alten, in der die grösseren Gefässe verlaufen, sowohl Blutgefässe als Chylusgefässe, dann folgt das Ringmuskellager, dann das Längsmuskellager des Dünndarms und endlich der Peritonäalüberzug, wo er vorhanden ist. Ueber die Blutgefässe des Darmes ist weiter nichts Besonderes zu bemerken, als dass ihre Capillaren in den verschiedenen Lagern sich vertheilen, endlich die Arterien mit ihren Endästen das submucöse Muskellager durchbohren, die Gefässe in die Zotten hineinschicken und ausserdem Capillaren bilden, welche zwischen den Lieberkühn'schen Krypten in die Höhe gehen und die Mündungen derselben mit zierlichen Gefässkränzen umspinnen, aus denen dann wieder kleine Venen das Blut abführen, die in grössere einmünden, welche dann das submucöse Muskellager durchbohren und als Venen der Tunica nervea seu vasculosa weiter gehen. An Nerven ist die Darmwand ausserordentlich reich, aber man kennt nirgendwo ihre Endigungen. Man weiss nur, dass zwei grosse Plexus vorhanden sind, der Meissner'sche Plexus und der Auerbach'sche Plexus oder plexus myentericus, von denen der eine im submucösen Bindegewebe, der andere in der Muskelhaut liegt, reiche Plexus mit zahlreichen mikroskopischen Ganglien, die aus einer verhältnissmässig geringen Anzahl von Ganglienzellen bestehen, die wiederum ihrerseits kleiner sind als die Ganglienkugeln in den grösseren Ganglien.

Im Duodenum liegt ausser den Lieberkühn'schen Krypten noch eine eigene Art von Drüsen, die Glandulae Brunnerianae oder Brunnianae. Sie sind den Schleimdrüsen sehr ähnlich und wurden früher gleichfalls für acinöse Drüsen gehalten, bis Schlemmer nachwies, dass sie tubulöse Drüsen seien. Sie liegen in dichter Schicht, bei manchen Thieren noch viel dichter gestellt als beim Menschen, im submucösen Bindegewebe, und durchbohren mit ihren Ausführungsgängen die Schleimhaut. Ueber ihr Secret wissen wir bis jetzt nichts, weil wir niemals im Stande gewesen sind, dasselbe im isolirten Zustande aufzufangen. Lieberkühn'sche Krypten und Brunner'sche Drüsen sind die einzigen secernirenden Drüsen, welche in der Wand des Dünndarmes vorkommen; alle übrigen Drüsen, welche hier sonst noch gefunden werden, sind periphere Lymphdrüsen. Sie werden eingetheilt in die Glandulae solitariae und in Glandulae agminatae seu Peyerianae. Die Glandulae solitariae, welche, wie wir gesehen haben, schon unter dem Namen der Glandulae lenticulares in der Magenwand vorkommen, sind durch den ganzen Dünndarm zerstreut. Die Haufen solcher Drüsen dagegen, die Glandulae agminatae, befinden sich, wie Sie wissen, nur im unteren Theile des Ileums, der Insertion des Mesenteriums gegenüber, und führen den Namen der Peyer'schen Plaques. Jede Solitärdrüse besteht aus einem eiförmigen Drüsenkörper, welcher seiner Hauptmasse nach im submucösen Bindegewebe liegt, sich aber mit seiner spitzeren Kuppe durch das submucöse Muskellager hindurchschiebt. Diese Kuppe liegt zwischen den Darmzotten und ist überzogen von dem Cylinderepithel des Darms. Der Drüsenkörper selbst ist ein Keimlager, bestehend aus einem Stroma und

aus Zellenkeimen ganz in ähnlicher Weise, wie wir sie in der Corticalsubstanz der Lymphdrüsen kennen gelernt haben. Es gehen auch von aussen Gefässe hinein, so zwar, dass aussen die grösseren Gefässe, die Arterien und Venen liegen, und Capillarschlingen von aussen nach innen gegen die Mitte hinsenden. Nach aussen davon liegt ein becherförmiger Sinus, der in der Mitte in ziemlich grosser Ausdehnung durchbrochen ist. Er umfasst den Drüsenkörper, wie eine Eichel von ihrem Kelche umfasst wird. Dieser Sinus communicirt, wie wir später sehen werden, mit den Chylusgefässen.

Wenn Sie sich einmal eine deutliche Anschauung von einer solchen Solitärdrüse verschafft haben, so ist es nicht schwer, sich auch im Baue der Peyer'schen Drüsen zurecht zu finden. Sie haben sich nur eine grosse Menge Solitärdrüsen aneinandergereiht zu denken. Beim Menschen sind sie so nahe aneinandergerückt, dass sie sich berühren, dass sie durch Brücken mit einander verbunden sind, ja manchmal in einiger Ausdehnung förmlich mit einander confluiren. In Folge davon können natürlich die Sinus auch nicht einzeln bleiben, sondern dieselben bilden auf der dem Peritonäum zugewendeten Seite ein Netzwerk mit sechseckigen Maschen, in welches Sie sich die unteren breiteren Seiten der Drüsenkörper hineingesenkt denken müssen.

Der Dickdarm unterscheidet sich in seinem Baue vom Dünndarme zunächst dadurch, dass hier keine Zotten vorhanden sind, keine Hervorragungen über das Niveau der Schleimhaut, sondern nur Einsenkungen unter das Niveau derselben. Diese Einsenkungen sind wiederum die Lieberkühn'schen Krypten, und hier sind sie mehr fingerförmig, das heisst, sie sind tiefer, länger als sie im Dünndarme sind. Darunter geht das submucöse Muskellager und das submucöse Bindegewebe hin; dann folgen die Muskelhäute, von denen die Längemuskelhaut nicht dem ganzen Dickdarm einen vollständigen Ueberzug gibt, sondern in bandartige Streifen, die sogenannten Tänien, welche das Kolon entlang laufen, gesammelt ist. Nach aussen davon folgt der Peritonäalüberzug. Secernirende Drüsen kommen im Dickdarm ausser den Lieberkühn'schen Drüsen nicht vor, wohl aber periphere Lymphdrüsen, welche hier von Ludw. Böhm unter dem Namen der Glandulae simplices majores beschrieben wurden, im Gegensatze zu den Lieberkühn'schen Krypten, welche er als Glandulae simplices minores bezeichnete. Die peripheren Lymphdrüsen des Dickdarmes sind auch vielfach unter dem Namen der Schleimfollikel beschrieben worden, indem man sie für balgförmige Drüsen hielt, welche Schleim absondern. Das hängt folgendermassen zusammen. Jede dieser Drüsen liegt im submucösen Bindegewebe und schiebt, wie wir gesehen haben, ihre Kuppe durch das submucöse Muskellager hindurch. Die Kuppe ragt aber nicht sehr hoch empor; dagegen ist aber die Schleimhaut, von der sich nur das Cylinderepithel über die Kuppe fortsetzt, im Dickdarm verhältnissmässig dick, und die Lieberkühn'schen Krypten sind verhältnissmässig hoch. So geschieht es, dass die Kuppen dieser Drüsen, wie sie von den in der Schleimhaut liegenden Krypten umstanden werden, in Gruben liegen. Diese Gruben füllen sich mit dem Schleime, der sich an der ganzen inneren Oberfläche des Dickdarmes befindet, und wenn man einen Druck auf sie ausübt, so treten Schleimklümpchen hervor. Daher glaubte man, dass dies balgförmige Drüsen seien, welche Schleim secerniren.

Die Leber.

Wenn der Speisebrei in den Dünndarm hineinkommt, so wird ihm zunächst das Secret zweier grosser Drüsen zugemischt, welche nicht in der Wand des Darmkanals liegen, das Secret der Leber und das des Pankreas. Wir wollen uns zuerst mit der Leber und mit dem Secrete derselben, mit der Galle beschäftigen, und wollen die Einwirkung studiren, die dieselbe auf den Speisebrei ausübt, und dann zum Pankreassafte übergehen.

Sie finden in den Büchern nicht selten die Angabe, dass die Leber eine acinöse Drüse sei. Diese Angabe ist aber nach den Vorstellungen, die man jetzt mit einem Acinus, einem beerenförmigen Secretionselemente, verbindet, durchaus unrichtig. Diese Angabe hatte nur so lange einen Sinn, als man unter Acinus noch jedes Läppchen verstand, das irgend wie mit einem Ausführungsgange in Verbindung stand, als man noch nicht die wirklich mikroskopischen Elemente der Drüsen kannte, sondern nur diejenigen, welche man durch die Lupe wahrnimmt. Diese angeblichen Acini waren nichts anderes als, wenn ich mich so ausdrücken darf, die Partiallebern, welche man als kleine von rothen Linien abgegrenzte gelbliche Felder auf der Oberfläche vieler Lebern mit blossem Auge oder mit der Lupe sehen kann. Diese Felder sind dadurch abgegrenzt, dass zwischen ihnen die Aeste der Pfortader, die Aeste der Arteria hepatica, und die Gallenkanälchen verlaufen. Man nennt deshalb diese Gefässe auch die Vasa interlobularia, indem man heutzutage eine solche Partialleber nicht mehr als einen Acinus, sondern als einen Lobulus der Leber bezeichnet. Häufig sieht man in der Mitte dieses Lobulus noch ein rothes Pünktchen: das ist das Blutgefäss, welches das Blut abführt, das dem Leberläppchen durch die Pfortader und durch die Leberarterie zugeführt worden ist. Es sind diese Pünktchen die Venae intralobulares, die Endäste der Lebervenen. Jede der Partiallebern besteht nun der Hauptmasse nach aus den Leberzellen, aus den Secretionszellen der Leber. Sie enthält ausserdem das Capillarnetz, aus dessen Blut die Galle abgesondert wird, und enthält die ersten Anfänge der Gallenkanäle. Die Capillargefässe bilden in radialer Richtung verlängerte Maschen, welche sich von den Vasa interlobularia zu den Vasa intralobularia hinüberspinnen, und auf diese Weise den ganzen Lobulus durchsetzen. Ihre Zwischenräume sind von den Leberzellen ausgefüllt. Die Leberzellen sind polyedrisch gegen einander abgeplattet, haben einen oder mehrere Kerne und ein körniges Protoplasma. Zwischen ihnen liegen die Anfänge der Gallenkanäle, ausserordentlich kleine, enge, wandlose Kanäle, viel enger als die Blutcapillaren. Man glaubte früher von ihnen, dass sie auf den Kanten der Leberzellen hinliefen. E. Hering hat aber nachgewiesen, dass sie durch je zwei Halbrinnen gebildet werden, die auf den Flächen der Leberzellen hinlaufen. Sie bilden auf diese Weise ein zusammenhängendes Netzwerk, welches, sich zwischen den Maschen der Blutgefässe hindurchschiebend, durch den ganzen Lobulus hindurchgeht. Leichter verständlich ist dieses Verhältniss an den Lebern der niederen Wirbelthiere. Hering hat namentlich die Schlangenleber untersucht und gefunden, dass die Anfänge der Gallenkanälchen Tubuli sind, gebildet von den Leberzellen, wie der Tubulus einer tubulösen Drüse von

dem secernirenden Epithel, von den Enchymzellen gebildet wird. Die Schlangenleber ist also als eine tubulöse Drüse zu betrachten. Um nun den Uebergang zu finden von einer solchen Leber zu der Leber der Säugethiere und des Menschen, muss man sich vorstellen, dass die Zahl der Zellen, welche den Tubulus bilden, für jeden Querschnitt auf zwei reducirt ist; aber während bei der Schlangenleber jede Zelle nur an der Bildung eines Gallenkanälchens Theil nimmt, betheiligen sich hier die Zellen gleichzeitig an der Bildung von mehreren Gallenkanälen; denn die Gallenkanäle liegen überall zwischen den gegeneinandergewendeten Flächen der Leberzellen; aber sie liegen niemals zwischen einer Leberzelle und einem Blutcapillargefässe und verlaufen auch niemals so, dass sie etwa mit ihren blinden Enden auf ein Blutgefäss aufstiessen, sondern stets so, dass sie in ihrer ganzen Ausdehnung von der Substanz der Leberzellen begrenzt sind und überall geschlossene Maschen, niemals blinde Enden bilden.

Aus dem dichten Netzwerke, welches in dieser Weise gebildet wird, sammeln sich an der Oberfläche des Lobulus grössere Gallengefässe, welche mit einem flachen Epithel ausgekleidet sind, und welche an der Grenze des Lobulus eine bindegewebige Wand bekommen. Dies sind die Anfänge der interlobulär verlaufenden Gallenkanälchen. Sie setzen sich baumförmig zusammen, das Epithel wird immer höher, es wird ein Cylinderepithel, und die bindegewebige Wand wird immer dicker, es treten organische Muskelfasern in derselben auf, die sich zu einer Schicht formiren, welche sich bis an die Einmündung des Gallenganges in den Darm und andererseits auch auf die Gallenblase fortsetzt. Die grossen Gallenkanäle sind in ein ziemlich dickes Lager von Bindegewebe eingebettet. Dieses Bindegewebe setzt sich zwischen die Lobuli fort und dringt auch in dieselben ein. Nach den Untersuchungen von Fleischl umfasst es mit seinen letzten Ausläufern selbst die einzelnen Leberzellen theilweise. Es ist dasselbe Bindegewebe, in welchem auch die Blutgefässe verlaufen, und welches die Partiallebern mehr oder weniger vollständig, beim Menschen sehr unvollständig, von einander trennt. Beim Schweine, beim Eisbären und bei manchen anderen Thieren ist dieses Bindegewebe viel reichlicher und schliesst deshalb die Partiallebern in besondere Kapseln ein. Das ist aber beim Menschen nicht der Fall, beim Menschen ist es nur spärlich vorhanden, so dass die einzelnen Partiallebern unmittelbar mit einander zusammenstossen, in ziemlicher Ausdehnung mit einander communiciren und auch durch ihre Blutgefässe überall in Verbindung stehen. In diesem Bindegewebe nun, da wo es die grossen Gallenkanäle umgibt, liegen Schleimdrüsen, welche ihr Secret in die Gallgänge hinein ergiessen und der Galle beimischen. Diese Schleimdrüsen sind tubulöse Drüsen, wie alle Schleimdrüsen, welche wir bisher betrachtet haben, aber ihre Tubuli sind im Allgemeinen weniger aufgeknäuelt, sie sind mehr entwickelt und verlaufen darum häufig als lange gewundene Kanäle neben den Gallengängen in dem umgebenden Bindegewebe hin. Sie haben einmal zu einem seltsamen Irrthume Veranlassung gegeben, indem man sie für die eigentlichen Anfänge der Gallenkanäle gehalten hat, da sie sich begreiflicher Weise mit Masse injiciren, wenn man solche vom Ductus hepaticus aus einspritzt.

Ausserdem sind noch die sogenannten Vasa aberrantia hepatis im Ligamentum coronarium hepatis, im Ligamentum triangulare dextrum, im Bindegewebe der Porta hepatis und in der bindegewebigen Brücke, welche vom rechten Leberlappen zum Lobulus Spigelii herüberzieht, zu erwähnen. Sie sind bei Injectionen der Gallengänge als lange schlauchartige Gebilde, welche im Bindegewebe verliefen, gefunden worden. Sie sind zuerst von E. H. Weber unter dem Namen der Vasa aberrantia hepatis beschrieben und seitdem mehrmals untersucht worden. Man ist über ihre Bedeutung im Zweifel, man wusste nicht, soll man sie zum Systeme der Gallenkanäle rechnen, oder soll man sie den Schleimdrüsen anreihen, welche innerhalb der Leber in die Gallenkanäle einmünden. Ich selbst habe keine Erfahrung über diese Vasa aberrantia hepatis; ich habe sie niemals näher untersucht. Gallenkanäle, wenigstens functionirende, können offenbar Kanäle nicht sein, die im Bindegewebe endigen, sie könnten es nur da gewesen sein, wo sich etwa Leberparenchym, in dem sie früher wurzelten, zurückgebildet hätte. Gegen die Auffassung als Schleimdrüsen spricht die Angabe, dass sie Netze bilden. Wir kennen bis jetzt keine einzige Schleimdrüse, deren Tubuli netzförmig mit einander verbunden wären. Alle Tubuli von Schleimdrüsen, so weit wir sie verfolgt haben, sind freilich dichotomisch getheilt, aber sie verbinden sich niemals untereinander nach ihrer dichotomischen Theilung.

Das Leberglycogen.

Die Leberzellen enthalten einen eigenen Stoff, welcher für den ganzen Stoffwechsel von hoher Wichtigkeit ist, und dessen wir schon früher erwähnt haben, das Glycogen. Es wurde gleichzeitig von Bernard und Hensen in der Leber entdeckt und ist seitdem im Körper auch in andern Orten gefunden worden, bei Erwachsenen namentlich in den Muskeln, nicht nur in den Skeletmuskeln, sondern auch in den glatten Muskelfasern, also in allen Organen, in welchen Muskelfasern vorkommen. Im Blute dagegen finden sich nur geringe Mengen eines sich mit Jod rothfärbenden Körpers, von dem man noch immer zweifelhaft sein kann, ob es Glycogen ist, was allerdings nicht unwahrscheinlich ist, oder ob es direct resorbirtes Erythrodextrin ist. Das Glycogen ist ferner von Bernard in der Placenta gefunden worden. Es kommt ausserdem in den Geweben des Fötus in viel grösserer Menge vor als in den Geweben des Erwachsenen: erstens enthalten die Muskeln des Fötus davon viel mehr, und zweitens kommt es auch im Lungengewebe in bedeutender Menge vor. Die Lunge von Schafembryonen, die 15 Centimeter lang waren, enthielt nach M'Donnell über 50% ihrer trockenen Substanz Glycogen. Endlich kommt es auch in den Hufen und Klauen der Embryonen vor. Hier soll es zunehmen, bis der Schafembryo eine Länge von 9 Centimeter hat; dann soll es später wiederum abnehmen, gerade so, wie später das Glycogen auch im Lungengewebe abnimmt.

Die beste Quelle, um sich das Glycogen im reinen Zustande zu verschaffen, ist noch immer die Leber. Möglichst rasch nach dem Tode, weil später sich das Glycogen in Zucker umsetzt, entfernt man die Leber aus dem Thierkörper, schneidet sie rasch in Stücke, wirft sie in siedendes Wasser und kocht sie auf. Nachdem sie einmal durchgekocht ist, nimmt

man sie heraus, zerreibt sie in einem Mörser, thut sie wieder ins Wasser und kocht sie nun längere Zeit. Dann nimmt man das Gefäss vom Feuer und giesst die Brühe vorsichtig ab. Die Brühe ist milchig getrübt. Man giesst noch einmal Wasser auf, kocht wieder, und wenn auch die zweite Flüssigkeit noch milchig getrübt ist, so dass sich noch eine Ausbeute erwarten lässt, vereinigt man diese zweite Flüssigkeit mit der zuerst abgegossenen, kühlt aus und, nachdem man ausgekühlt hat, was zur Beschleunigung am besten mit eiskaltem Wasser oder mit Schnee geschieht, fällt man, indem man abwechselnd verdünnte Salzsäure und eine Lösung von Jodquecksilberkalium hinzusetzt. Diese Lösung von Jodquecksilberkalium bereitet man sich, indem man eine Jodkaliumlösung mit Sublimatlösung fällt, den Niederschlag auswäscht und dann davon so lange in eine heisse Jodkaliumlösung einträgt, als er sich darin noch auflöst. Da das Jodquecksilber in der kalten Jodkaliumlösung weniger löslich ist als in der heissen, so muss sich beim Erkalten wieder ein rother krystallinischer Niederschlag ausscheiden. Die so erhaltene Flüssigkeit ist das Reagens, mittelst dessen man aus der mit Chlorwasserstoffsäure angesäuerten Flüssigkeit die darin enthaltenen Eiweisskörper und andere durch Alkohol fällbare stickstoffhaltige Substanzen ausfällt. Man bekommt einen reichlichen, sehr compacten, sich stark zusammenziehenden Niederschlag, der sich gut absetzt, und von diesem filtrirt man die Flüssigkeit ab. Nun setzt man so viel Alkohol hinzu, dass das Glycogen sich reichlich ausscheidet, nicht mehr, weil man durch den Ueberschuss kein Glycogen mehr bekommen würde und durch Vermehrung des Alkohols noch Salze, die im verdünnten Alkohol löslich waren, ausgefällt werden könnten. Man filtrirt vom Glycogen ab und wäscht dasselbe erst mit Alkohol von 61 Volumprocent, dann mit solchem von 95 Volumprocent. Das letztere geschieht deshalb, weil erfahrungsgemäss Glycogen, das nur mit schwachem Alkohol ausgewaschen ist, auf dem Filtrum gummiartig zusammenbackt, während das Glycogen, welches mit starkem Alkohol ausgewaschen und dadurch mehr entwässert worden ist, hinterher auf dem Filtrum in Pulverform bleibt und sich leicht von demselben herunternehmen lässt. Das so erhaltene Glycogen löst man noch einmal auf und fällt es mit Alkohol, dem man eine sehr kleine Menge von Ammoniak hinzugefügt hat. Man wäscht es wiederum aus, löst es nochmals auf und fällt es wieder mit Alkohol, dem man eine kleine Quantität Eisessig zugesetzt hat, filtrirt wieder ab und wäscht es wiederum erst mit schwachem und dann mit starkem Alkohol aus. Man kann, wenn man jedesmal mit Alkohol exact ausfällt und von vorne herein mit etwas stärkerem Alkohol auswäscht, dieses Auflösen und dieses Wiederausfällen beliebig oft ohne Verlust wiederholen, weil das Glycogen an und für sich im Wasser eigentlich nicht löslich ist, sondern nur darin aufquillt. Es hat noch Niemand eine klare Glycogenlösung gesehen. Alle Glycogenlösungen sind opalisirend und, wenn sie concentrirter sind, sogar milchig getrübt. Wenn man mittelst einer Linse ein Bündel Sonnenstrahlen durch eine solche opalisirende Glycogenlösung hindurchgehen lässt, und mittelst einer Turmalinplatte oder eines Nicol'schen Prismas das von innen her zerstreute Licht untersucht, so findet man, dass es polarisirt ist. Es zeigt sich also, dass kleine feste Körper in der Flüssigkeit sind, welche das Licht zerstreuen, und, da selbst die reinste Glycogenlösung

diese Erscheinung gibt, so hat man ein Recht zu schliessen, dass diese Körper nichts Anderes sind als die aufgequollenen Theilchen des Glycogens selbst, welche wiederum verschrumpfen, wenn man Alkohol hinzufügt, und wieder aufquellen und sich scheinbar lösen, wenn man den Alkohol abfiltrirt und wiederum Wasser hinzufügt.

Das auf die beschriebene Weise erhaltene Glycogen verbrennt auf dem Platinblech ohne Rückstand, es hat die Zusammensetzung der Stärke, des Dextrins und der Cellulose, es erweist sich als völlig stickstofffrei, gibt weder beim Glühen mit Natronkalk Ammoniak, noch gibt es Berlinerblau, wenn man versucht, mittelst Natrium und Eisenchlorid solches daraus zu bilden. Es färbt sich, wie schon erwähnt, mit Jodtinctur roth, und zwar ist die Farbe am schönsten roth, wenn das Glycogen noch nicht getrocknet gewesen ist. Schon getrocknetes und aufbewahrtes oder unreines Glycogen färbt sich mehr bräunlich, und das geschieht auch, wenn man zu reinem und frischem Glycogen Jod im Ueberschusse hinzusetzt. Man bedient sich zur Reaction am besten einer Jodlösung, welche man sich dadurch bereitet, dass man Jod in Wasser einträgt, welches darin bekanntlich sehr wenig löslich ist, und nun nur so viel von einer Jodkaliumlösung hinzusetzt, dass sich beim anhaltenden Schütteln die Flüssigkeit weingelb färbt.

Wenn man das Glycogen bestimmen will, so zerkocht man das betreffende Organ in Kali — wie schon Bernard wusste, wird das Glycogen selbst durch anhaltendes Kochen mit einer Kalilösung nicht angegriffen — hierauf säuert man mit Salzsäure an, fällt mit Jodquecksilberkalium, filtrirt ab und wäscht den Niederschlag mit Wasser aus, dem Salzsäure und Jodquecksilberkalium zugesetzt sind. Man vereinigt das Waschwasser mit dem Filtrat, man fällt mit Alkohol, wäscht erst mit schwächerem, dann mit stärkerem Weingeist und verfährt nun ganz so, wie ich es früher bei der Reindarstellung des Glycogen beschrieben habe. Zuletzt sammelt man das Glycogen auf einem gewogenen Filter und wägt es. Wenn man aber das Organ vorher mit Kali zerkocht hat, so hat man nun das Glycogen nicht aschenfrei gewonnen, es enthält immer eine kleine Menge von Aschenbestandtheilen, welche mitgewogen werden. Um ein genaues Resultat zu haben, muss man deshalb einäschern und das Gewicht der Asche, welche man bekommt, von dem gefundenen Gewichte abziehen. Das Zerkochen mit Kali ist nicht bei allen Organen unbedingt nothwendig. Bei den Muskeln muss man es allerdings thun, weil sie das Glycogen schwer hergeben, bei der Leber aber, welche sich mit Wasser zerkochen und dann leicht zerreiben lässt, kann man auch durch das Zerkochen mit blossem Wasser alles Glycogen, das darin enthalten ist, im aschenfreien Zustande gewinnen und dessen Gewicht direct bestimmen.

Was wird aus dem Glycogen? Wozu dient es und woher kommt es? Die ursprüngliche Ansicht von Bernard war die, dass das Glycogen in der Leber und zwar mittelst eines Fermentes, welches ihm durch das Pfortaderblut zugeführt wird, in Zucker umgewandelt werde. Er stützte sich darauf, dass er in dem Blute der Lebervenen mehr Zucker gefunden hatte als in dem der Pfortader. Dieser Zucker sollte dann weiter zersetzt werden, der Oxydation unterliegen u. s. w. Da trat Pavy auf und läugnete auf Grund seiner Untersuchungen erstens, dass in dem Blute

der Lebervenen mehr Zucker enthalten sei als in dem der Pfortader, zweitens dass in der Leber des ganz frisch getödteten Thieres überhaupt Zucker enthalten sei und in Folge davon läugnete er auch, dass sich das Glycogen der Leber im Leben normaler Weise in Zucker umsetze. Es hat sich bei späteren Versuchen herausgestellt, dass der Unterschied im Zuckergehalte des Blutes der Pfortader und des Lebervenenblutes, wenn er auch vielleicht existirt, doch so gering ist, dass er sich nicht mit Sicherheit feststellen lässt. Andererseits hat es sich aber bei Versuchen, welche Tscherinoff im hiesigen Laboratorium angestellt hat, auch gezeigt, dass die Leber des ganz frisch getödteten Thieres, ja dass die Leber, welche dem sterbenden Thiere aus dem Leibe gerissen wird, nicht zuckerfrei ist, dass sie bereits Zucker, wenn auch in sehr geringer Quantität enthält, und in viel geringerer Quantität als kurze Zeit nachher. Es kann also immer noch nichts Wesentliches eingewendet werden gegen die ursprüngliche Anschauung von Bernard, dass das Glycogen der Leber in Zucker umgesetzt werde und dieser in den Kreislauf gelange. Es muss nur gesagt werden, dass Bernard sich vielleicht die Menge von Glycogen, welche in der Zeiteinheit in Zucker umgesetzt wird, grösser gedacht hat als sie thatsächlich ist, und dass, wie es namentlich nach den Untersuchungen von v. Wittich und von Tiegel scheint, dieses Ferment, welches er im Pfortaderblute suchte, im Blute überhaupt vorkommt, indem das Blut im Allgemeinen die Eigenschaft hat, Glycogen in Zucker umzusetzen.

Die zweite Frage war die: Wo kommt denn das Glycogen her? Bernard, welcher von der Idee ausging, dass sich das Glycogen in Zucker umsetze, konnte es nicht wahrscheinlich finden, dass es aus Zucker entstehe. Denn es wäre doch eine sonderbare Art der Metamorphose, wenn der Zucker, den wir entweder in Substanz geniessen oder aus der Stärke bereiten, sich in der Leber in Glycogen verwandeln würde, um sich nachher wieder in Zucker umzuwandeln, und dann wieder in den Kreislauf zu gelangen. Er war deshalb der Meinung, dass das Glycogen in der Leber durch einen Spaltungsprocess der Eiweisskörper entstände, bei dem einerseits Bestandtheile der Galle, andererseits Glycogen gebildet würde, und dass sich dieses Glycogen, wie gesagt, später in Zucker umsetze. Er wurde in dieser Idee dadurch bestärkt, dass ein Fuchs, welcher ausschliesslich mit Fleisch gefüttert worden war, in seiner Leber nicht unbeträchtliche Mengen von Glycogen hatte. Das würde für uns kaum mehr ein Grund sein, seit wir jetzt aus den Untersuchungen von Nasse wissen, dass die Muskeln auch der erwachsenen Thiere eine nicht unbeträchtliche Menge von Glycogen enthalten, also das Glycogen in Substanz mit dem Muskelfleisch in den Fuchs hineingekommen sein konnte. Pavy vertheidigte in seiner schon erwähnten Arbeit eine ganz andere Vorstellung. Er sagte: Alles Glycogen entsteht aus Kohlehydraten, denn, wenn man Thiere mit Kohlehydraten füttert, mit Stärke oder auch mit Zucker, so bedingt dies immer eine rasche Zunahme des Glycogens in der Leber, während, wenn man ihnen alle Kohlehydrate entzieht, in drei, vier Tagen die Leber schon ganz oder nahezu frei von Glycogen ist. Seine Versuche sind hier im Laboratorium von Tscherinoff wiederholt worden, und sie haben sich vollständig bestätigt, aber die Schlüsse, welche daraus gezogen worden sind, sind

nicht vollkommen berechtigt. Man kann sich vorstellen, dass in der Leber fortwährend Glycogen gebildet werde aus den Eiweisssubstanzen oder aus irgend welchen anderen nicht näher zu bezeichnenden Materialien, dass dieses Glycogen verbraucht werde, wenn keine andern Kohlehydrate in die Blutmasse hineinkommen, dass aber, wenn wir reichlich Kohlehydrate geniessen, und also auf anderem Wege Kohlehydrate oder deren Zersetzungsproducte in das Blut gelangen, das Glycogen in der Leber geschont und deshalb angehäuft werde. Pavy's Ansicht und diese letztere stehen sich noch heute unvermittelt einander entgegen. Für die letztere kann geltend gemacht werden, dass Glycerin, wie Sigmund Weiss im hiesigen Laboratorium nachwies, in ähnlicher Weise wie Kohlehydrate, wie Stärke, Rohrzucker, Traubenzucker, das Leberglycogen rasch vermehrt, obgleich es doch nach den Versuchen von Scheremetjewski sehr schnell im Organismus zerstört wird. Für die Ansicht von Pavy kann geltend gemacht werden, dass mit Ausnahme des Glycerins alle Substanzen, die das Glycogen rasch vermehren, sich in ihrer rohen Formel vom Glycogen nur durch die Bestandtheile des Wassers unterscheiden, und dass es, abgesehen vom Glycerin, bis jetzt nicht gelungen ist, mit Hilfe anderer leicht oxydabler Substanzen Glycogen in der Leber in ähnlicher Weise anzuhäufen.

Es hat sich, wie erwähnt, bei den Untersuchungen von Pavy, Tscherinoff und Sigmund Weiss gezeigt, dass das Glycogen in der Leber je nach der Fütterung ausserordentlich raschen Schwankungen unterliegt, dass es sehr rasch zunimmt, wenn man mit Kohlehydraten oder mit Glycerin füttert, und dass es sehr rasch abnimmt, wenn man solche Substanzen vollständig aus der Nahrung entfernt, dass es ebenso rasch abnimmt, wie natürlich, wenn man ein Thier hungern lässt. Nun hat andererseits Nasse gezeigt, dass das Glycogen bei der Muskelcontraction verbraucht wird: wenn nun das Glycogen im ganzen Körper, also auch in den Muskeln, eben so rasch schwindet wie in der Leber, so ist zu erwarten, dass ein Thier, welches keine Kohlehydrate in der Nahrung bekommt, in Rücksicht auf sein Bewegungsvermögen, in Rücksicht auf seine Muskelkraft, sehr bald einen wesentlichen Nachtheil spüren muss, während wir doch aus Erfahrung wissen, dass die Thiere, welche wir längere Zeit unter Entziehung sämmtlicher Kohlehydrate gefüttert hatten, mit ihrem Bewegungsapparate noch ganz gut im Gange waren. Sigmund Weiss hat deshalb die Schwankungen des Muskelglycogens in ähnlicher Weise untersucht, wie früher die Schwankungen des Leberglycogens bei verschiedener Fütterung von Pavy und von Tscherinoff untersucht worden sind, und es hat sich gezeigt, dass das Muskelglycogen keineswegs so leicht Schwankungen ausgesetzt ist, sondern dass das Muskelglycogen nahezu intact vorhanden ist, während das Leberglycogen schon fast vollständig verbraucht worden ist. Die Leber ist also, wenn ich mich so ausdrücken soll, eine Vorrathskammer, in der bei Ersparung das Glycogen rasch abgelagert wird, und aus der es wieder entnommen und verbraucht wird, wenn kein anderes Material an Kohlehydraten zugeführt wird.

Die Galle.

Wenn man die Galle mit Wasser verdünnt und dann Alkohol hinzufügt, so entsteht ein reichlicher Niederschlag von Schleim. Es ist dies das Secret der Schleimdrüsen, welche in die Gallengänge einmünden. Das, was in Alkohol gelöst bleibt, ist die eigentliche Galle, wie sie in den Anfängen der Gallenkanäle secernirt wird. Sie besteht aus den Natron- und Kalisalzen zweier Säuren, welche man als die Gallensäuren bezeichnet, aus Cholesterin und Lecithin, endlich aus einem oder mehreren stark gefärbten Stoffen, welche man in etwas unpassender Weise mit dem Namen der Gallenfarbstoffe bezeichnet. Man spricht von wesentlichen Bestandtheilen und von Gallenfarbstoffen. Man kann nicht leugnen, dass dies beinahe so aussieht, als ob man sich vorstellte, dass, wie man eine Arznei erst macht und sie hinterher färbt, so auch erst die Galle da gewesen wäre, und diese hinterher mit einem Farbstoffe gefärbt worden sei. Die Stoffe, die wir Farbstoffe nennen, sind nichts Anderes als Bestandtheile des thierischen und pflanzlichen Körpers, welche sich dadurch von den übrigen unterscheiden, dass sie die verschiedenen Strahlen des Sonnenspectrums in sehr ungleicher Weise absorbiren.

Unsere Kenntniss von der Galle gründet sich hauptsächlich auf die Untersuchungen, welche Strecker vor einer Reihe von Jahren über die Ochsengalle angestellt hat. Er fällte die Ochsengalle mit neutralem essigsaurem Blei, trocknete den Niederschlag, welchen er erhielt und kochte ihn mit Alkohol aus. In die alkoholische möglichst concentrirte Flüssigkeit leitete er, ohne abzukühlen, Schwefelwasserstoff ein, filtrirte und wusch mit Wasser nach. Nachdem sich die Flüssigkeit beim Nachlaufen des Wassers trübte, nahm er sie weg und stellte sie kalt, und nun wurde sie ganz durchsetzt mit einem Systeme von feinen Nadeln. Das, was sich hier ausschied, war eine der Gallensäuren, diejenige, welche wir jetzt mit dem Namen der Glycocholsäure bezeichnen. Sie war durch essigsaures Blei als Bleiverbindung aus der Galle gefällt worden: die Bleiverbindung ist im heissen Alkohol löslich, sie war also durch diesen extrahirt worden, es war nachher Schwefelwasserstoff eingeleitet worden, um die Bleiverbindung zu zersetzen; er hatte also eine alkoholische Lösung der Säure von dem Schwefelblei abfiltrirt. Da diese Säure weniger löslich ist im Wasser als im Alkohol, hatte sich die Lösung beim Nachfliessen des Wassers getrübt, die Säure hatte sich in Krystallen ausgeschieden. Wir nennen diese Säure, wie gesagt, jetzt Glycocholsäure, Strecker nannte sie Cholsäure, weil offenbar Gmelin eine lange Reihe von Jahren vorher diese Säure schon in der Hand gehabt und sie mit dem Namen der Cholsäure bezeichnet hatte. Dann hatte aber später Demarçay eine andere Säure aus der Galle dargestellt, welche ein Zersetzungsproduct dieser Säure ist, und welche wir jetzt Cholalsäure nennen, und hatte diese als Cholsäure bezeichnet. Es konnte deshalb Verwechselung eintreten zwischen der Cholsäure von Gmelin und der von Demarçay, so dass man von diesen Bezeichnungen heutzutage abgegangen ist. Wir nennen jetzt die Cholsäure von Gmelin Glycocholsäure, weil sie beim Zerkochen mit Alkalien in Glycocoll (Leimsüss) und in die Cholsäure von Demarçay zerfällt. Die Cholsäure von

Demarçay nennen wir jetzt Cholalsäure, eine Benennung, welche, so wie manche andere in der Chemie, gebildet wurde dadurch, dass die Anfangssilben mehrerer Wörter zu einem neuen Worte verbunden wurden. So ist Cholalsäure aus Cholsäure durch Anhängung der Anfangsilbe des Wortes Alkali entstanden, weil die Cholalsäure durch Behandlung der Cholsäure von Gmelin mit Alkalien entsteht. Am bequemsten stellt man die Cholalsäure, die eine krystallisirbare Säure ist, dar durch Kochen mit Barytwasser. Man gibt die Glycocholsäure in einen Kolben mit Barytwasser und setzt ein langes Rohr darauf, so dass der Dampf sich in demselben wieder verdichtet und als Wasser zurückfliesst; man kocht anhaltend und erhält so cholalsauren Baryt. Diesen zersetzt man mit Schwefelsäure und gewinnt so unsere jetzige Cholalsäure oder die Cholsäure von Demarçay. Das zweite Product, das Glycocoll, hat man zuerst aus dem Leim erhalten durch Zerkochen desselben mit Schwefelsäure, und die Benennung rührt her von colla Leim und von γλυκύς süss, denn diese Substanz schmeckt süss, weshalb sie auch im Deutschen den Namen Leimsüss führt. Die Zersetzung ist nun folgende: Cholalsäure $C_{24} H_{40} O_5$, Glycocoll $C_2 H_5 NO_2$, addire ich das zusammen, so erhalte ich $C_{26} H_{45} NO_7$, nehme ich daraus ein Wasseratom weg, so bekomme ich $C_{26} H_{43} NO_6$ und das ist die Formel der Glycocholsäure. Die Glycocholsäure nimmt also ein Atom Wasser auf und zerfällt dabei in Cholalsäure und Glycocoll. Man kann die Glycocholsäure auch nach einer andern Methode darstellen als nach der von Strecker, welche ich Ihnen vorher angegeben habe. Man dampft Rindsgalle zur Trockne — man kann dies auf dem Oelbade thun, aber auch auf dem Wasserbade; wenn man nun die Galle, sobald sie zähflüssig wird, anhaltend rührt, bringt man sie auf diesem auch zur völligen Trockne. Wenn man die trockene Galle in Alkohol auflöst und Aether hinzufügt, so entsteht ein Niederschlag, bei welchem die Gallenfarbstoffe mit niederfallen. Von diesem giesst man ab, und fügt nun weiter Aether hinzu, bis eine neue Trübung eintritt. Dann setzen sich in der Kälte nach und nach Krystalle am Boden und an der Wand an, welche der grössten Masse nach aus dem Natronsalze der Glycocholsäure bestehen. Wenn man diese aufsammelt, auf ein Filter wirft und nachher in wenig Wasser auflöst, so kann man durch Zusatz einer Säure die Glycocholsäure, die in Wasser schwer löslich ist, davon abscheiden. Als das kürzeste und zweckmässigste Verfahren empfiehlt Hüfner frische Rindsgalle in einen engen Glascylinder fliessen zu lassen, etwas Aether darüber zu schichten und dann den zwanzigsten Theil vom Volum der Galle an reiner starker Salzsäure hinzuzufügen. Die Glycocholsäure scheidet sich aus und wird allmälig krystallinisch. Wenn dies geschehen ist, giesst man den Aether ab, wäscht mit eiskaltem Wasser, bis dasselbe farblos abfliesst, und krystallisirt aus Wasser um, indem man eine heisse concentrirte Lösung bereitet und diese erkalten lässt.

Wenn man die Glycocholsäure statt mit Barytwasser mit verdünnter Schwefelsäure oder mit verdünnter Salzsäure kocht, so bekommt man auch Glycocoll, ausserdem aber eine harzige Masse, welche gewöhnlich mit dem Namen Choloidinsäure bezeichnet wird. Wenn man diese noch weiter kocht, so stellt sie einen Körper dar, welcher nicht mehr die Eigenschaften einer Säure hat, aus $C_{24} H_{36} O_3$ besteht, also zwei Atome

Wasser weniger enthält als die Cholalsäure, und Dyslysin genannt wird. Wenn man dieses Dyslysin mit einer alkoholischen Kalilösung kocht, so bekommt man wieder eine Kaliverbindung, welche in ihrer Zusammensetzung mit dem cholalsauren Kali übereinstimmt. Man pflegte früher zu sagen, dass man auf diese Weise die Choloidinsäure regenerirt habe und das erhaltene Salz choloidinsaures Kali sei. Es sind jedoch von Hoppe-Seyler Untersuchungen angestellt worden, welche die Existenz der Choloidinsäure als sehr zweifelhaft erscheinen lassen. Hoppe-Seyler hat nachgewiesen, dass sich beim Kochen mit verdünnter Salzsäure ein Theil der Glycocholsäure nicht spaltet, sondern nur ein Atom Wasser verliert und eine neue Säure darstellt, welche den Namen Cholonsäure führt: das Uebrige ist nach Hoppe-Seyler Cholalsäure und Dyslysin, und das, was aus dem Dyslysin mittelst alkoholischer Kalilösung regenerirt wird, ist nicht choloidinsaures Kali, sondern cholalsaures Kali. Er hat auch daraus die krystallisirte Cholalsäure abgeschieden, während Choloidinsäure immer für eine unkrystallisirbare Substanz gegolten hat.

Wir haben gesehen, dass Strecker aus der Rindsgalle die Glycocholsäure dargestellt hat durch Ausfällen mit neutralem essigsaurem Blei. Als er zu der Flüssigkeit, welche er von dem Bleiniederschlage abfiltrirt hatte, basisch essigsaures Blei und ausserdem noch Ammoniak hinzusetzte, erhielt er einen zweiten Niederschlag, der wiederum die Bleiverbindung einer Säure war, welche aber beim Kochen mit Chlorwasserstoffsäure nicht so wie die Glycocholsäure in Cholalsäure und Glycocoll, sondern in Cholalsäure und Taurin zerfiel. Das Taurin an und für sich hatte man längst gekannt. Es besteht aus $C_2 H_7 NSO_3$. Es ist ein schön krystallisirter Körper, welcher in grossen Prismen erhalten wird, und den man bereits künstlich dargestellt hat. Als Redtenbacher zuerst den Schwefel im Taurin nachwies, zeigte er, dass das Taurin wie saures schwefligsaures Aldehydammoniak zusammengesetzt sei. Er stellte das saure schwefligsaure Aldehydammoniak dar, fand aber, dass es in seinen Eigenschaften vom Taurin gänzlich verschieden sei. Beide Körper waren also isomer, aber nicht identisch. Später wurde das Taurin künstlich aus isäthionsaurem Ammoniak dargestellt. Dasselbe setzt sich bei 220° unter Verlust eines Wasseratoms in Taurin um. Die Isäthionsäure ($C_2 H_6 SO_4$) ihrerseits wird erhalten aus isäthionsaurem Baryt, den man darstellt, indem man Schwefelsäuredampf in Alkohol leitet, Wasser zusetzt, aufkocht und mit Baryt sättigt. Man kann also aus Schwefelsäure, Alkohol, Wasser und Ammoniak das Taurin künstlich im Laboratorium aufbauen. Die Säure nun, welche beim Kochen mit verdünnter Salzsäure in Choloidinsäure (Cholalsäure) und Taurin zerfällt, bezeichnet man jetzt mit dem Namen der Taurocholsäure, Strecker nannte sie Choleinsäure. Bei der Spaltung nimmt sie gerade so ein Atom Wasser auf, wie dies die Glycocholsäure thut, und zerfällt so wie diese, nur dass man dem Spaltungsproducte Glycin das Spaltungsproduct Taurin substituiren muss.

Spätere Untersuchungen haben nun gezeigt, dass in den Gallen verschiedener Thiere verschiedene Gallensäuren enthalten sind, z. B. in der Schweinsgalle eine Hyocholinsäure, in der Gänsegalle eine Chenocholinsäure, und da man die Menschengalle in ganz frischem Zustande niemals

in hinreichender Quantität gehabt hat, um eine vollständige Untersuchung derselben durchführen zu können, so muss man zweifelhaft sein, ob man die Resultate, welche Strecker bei Untersuchung der Ochsengalle erhalten hat, ohne Weiteres auf den Menschen übertragen darf. In Rücksicht auf die Glycocholsäure kann man es wohl als gestattet ansehen, da deren Zersetzungsproducte, Cholalsäure und Glycocoll, aus der Menschengalle dargestellt sind. In Rücksicht auf die Taurocholsäure schwanken die Meinungen hin und her. Ein vor einiger Zeit gemachter Versuch Taurin aus frischer Menschengalle, die aus einer Gallenfistel floss, zu gewinnen, hat zu einem negativen Resultat geführt; neuerdings gibt aber Trifanovsky wieder an, mikroskopische Krystalle von Taurin aus Leichengalle erhalten zu haben.

Pettenkofer hat eine schöne Reaction gefunden, welche sowohl die Glycocholsäure, als auch die Taurocholsäure und die Choloidinsäure, beziehungsweise die Cholalsäure gibt. Offenbar gehört sie der letzteren an. Sie besteht darin, dass man die Substanz, in welcher man die Gallensäuren vermuthet, oder wo möglich die schon bis zu einem gewissen Grade gereinigten Gallensäuren in Lösung bringt und ein wenig Zucker und dann Schwefelsäure hinzufügt. Beim vorsichtigen Zusetzen der Schwefelsäure und beim Umschütteln entsteht eine Temperaturerhöhung, und, wenn diese einen gewissen Grad erreicht hat, eine schönweinrothe Farbe. Eine ganz ähnliche Reaction geben bekanntlich die Eiweisskörper; man musste deshalb früher, um die beiden Reactionen auseinander zu halten, die Eiweisskörper sorgfältig entfernen. In neuerer Zeit haben jedoch Bogomoloff und Schenk das Spectrum der rothen Flüssigkeit, welche man durch die Pettenkofer'sche Probe erhält, untersucht und Absorptionsstreifen gefunden. Die Angaben über die einzelnen Absorptionsstreifen stimmen nicht vollständig überein, aber so viel ist doch sicher, dass, da die Eiweissreaction nicht solche Absorptionsstreifen zeigt, man an diesen die Pettenkofer'sche Gallenreaction von der Eiweissreaction unterscheiden kann. Nach den Untersuchungen von Schenk gehören nur zwei Absorptionsstreifen, einer bei der Frauenhofer'schen Linie E und der andere bei F, den Gallensäuren als solchen an, während ein dritter Streifen, der bisweilen noch gesehen wird, von andern beigemengten Stoffen herrührt.

Gehen wir jetzt über zu den sogenannten Farbstoffen der Galle, so erhalten wir denjenigen, welcher das Fundament und die Muttersubstanz aller übrigen zu sein scheint, wenn wir Menschengalle, so wie wir sie aus der Leiche nehmen, mit Chloroform schütteln, das Chloroform von der übrigen Galle trennen, es in eine Retorte hineingiessen und abdestilliren; dann bleibt ein schwarzer pechartiger Rückstand. Uebergiesst man ihn mit Alkohol, so löst er sich darin auf, färbt denselben tiefdunkelbraun und unten am Boden der braunen Flüssigkeit sehen wir einen rothen Sand wie Ziegelmehl liegen. Wenn wir denselben unter dem Mikroskope betrachten, so finden wir, dass er aus schönen orangeroth gefärbten rhombischen Krystallen besteht. Dieser Farbstoff führt jetzt den Namen Bilirubin und besteht aus $C_{16} H_{18} N_2 O_3$. Seine Geschichte ist eine ziemlich complicirte. Man hatte schon vor vielen Jahren aus der Galle einen gelben Farbstoff dargestellt, welchen man mit dem Namen Cholepyrrhin bezeichnete. Dieses Cholepyrrhin war

nichts Anderes als unser jetziges Bilirubin, aber im amorphen und vielleicht nicht ganz reinen Zustande. Man hatte ferner einen bräunlichen Farbstoff erhalten. Man nannte ihn Biliphäin. Es war Cholepyrrhin, gemengt mit einem später zu beschreibenden dunkeln Farbstoffe. Dann hatte Berzelius in Galle, die lange Zeit im eingedickten Zustande gestanden hatte, Krystalle gefunden, welche er mit dem Namen Bilifulvin belegte. Nach der Beschreibung dieser Krystalle ist es mehr als wahrscheinlich, dass sie Bilirubin, dass sie Cholepyrrhinkrystalle waren. Dann fand Valentiner vor einer Reihe von Jahren, dass man durch Schütteln der Galle mit Chloroform einen dem Hämatoidin ähnlichen krystallisirten Farbstoff darstellen könne, und das war unser jetziges Bilirubin. Damit war auch zugleich ein Mittel gegeben, sich diese Substanz in beliebiger Menge zu verschaffen. Es zeigte sich nun bald, dass, wenn man diesen Körper in alkalischen Flüssigkeiten auflöst und ihn aus denselben durch Neutralisation fällt, dass dann ein amorphes Pulver niederfällt, welches dieselben Eigenschaften besitzt, welche man früher dem Cholepyrrhin zugeschrieben hat. Es ist dies also nichts Anderes als das Cholepyrrhin der alten Beobachter, und wenn man dieses Cholepyrrhin wieder in Chloroform auflöst und das Chloroform abdunsten lässt, so bekommt man wieder die rothen Krystalle, welche wir jetzt mit dem Namen Bilirubin bezeichnen. Der Name Bilirubin ist von Städeler aufgestellt worden, als er diesen Körper von Neuem untersuchte und eine Elementaranalyse desselben vornahm; man muss aber sagen, dass es incorrect ist, eine und dieselbe Substanz einmal im amorphen und das andere Mal im krystallisirten Zustande mit verschiedenen Namen zu belegen.

Wenn man das Cholepyrrhin in alkalischer Lösung der atmosphärischen Luft aussetzt, so zieht es Sauerstoff an, und die Lösung färbt sich dabei grün. Es entsteht hier durch Aufnahme eines Sauerstoffatoms ein neuer Farbstoff, das Biliverdin. Derselbe entsteht auch durch Behandlung des Cholepyrrhins mit Säuren. Man hat also auf diese Weise ein Mittel, sich dieses Biliverdin, das man gleichfalls früher gekannt hat, das man früher direct aus der Galle bereitete, in reinem Zustande darzustellen, indem man reines krystallisirtes Cholepyrrhin d. h. Bilirubin dazu verwendet. Einen etwaigen Rückstand von Cholepyrrhin kann man leicht entfernen, denn das Cholepyrrhin ist leicht löslich in Chloroform, in dem das Biliverdin schwer löslich ist; hingegen ist das Cholepyrrhin, namentlich das krystallisirte schwer löslich in Alkohol, während das Biliverdin in Alkohol sehr leicht löslich ist.

Das, was sich von dem pechartigen Rückstande, denn wir beim Abdestilliren des Chloroforms zurückbehalten, in Alkohol auflöst, ist Cholesterin und ein anderer Farbstoff, welchen ich mit dem Namen Bilifuscin bezeichnet habe. Da dieses Bilifuscin nicht krystallisirt und sich auch nicht aus einem krystallisirten Materiale darstellen lässt, so kann ich nicht sagen, dass ich es im reinen Zustande gehabt habe, aber ich habe es wenigstens vollständig von Cholepyrrhin und Biliverdin gereinigt. Davon konnte ich mich auf das bestimmteste überzeugen; denn das Cholepyrrhin und Biliverdin geben eine sehr schöne Reaction, welche unter dem Namen der Gmelin'schen Gallenprobe bekannt ist. Wenn man zu einer Lösung einer dieser Substanzen concentrirte Salpetersäure, welche, wie Heintz gezeigt hat, damit die Reaction gelinge, etwas

salpetrige Säure enthalten muss, hinzufügt, so ändert sich die Farbe, wenn Cholepyrrhin da war, erst in Grün, dann in Blau, dann in Violett, dann in Roth, dann wird die Farbe gelblich und erblasst. Biliverdin gibt denselben Farbenwechsel, nur dass er hier vom Grün ausgeht: es erscheinen nach diesem Blau, Violett, Roth, dann erfolgt das Erblassen mit demselben gelblichen Tone wie beim Cholepyrrhin. Diese Gmelin'sche Gallenprobe wird auch benützt, um Gallenfarbstoffe im Urin und anderweitig nachzuweisen. Man stellt dieselbe am besten so an, dass man erst nur verdünnte und ausgekochte Salpetersäure hinzufügt, und zwar so wenig, dass die Reaction nicht sofort eintritt, dann fügt man vorsichtig concentrirte Schwefelsäure hinzu. Die Schwefelsäure sammelt sich am Boden, entwässert und zersetzt die darüberstehende Salpetersäure, und nun fängt die Reaction an, so dass sich erst ein grüner Ring bildet, welcher aufsteigt, während sich unmittelbar unter ihm ein blauer, dann ein violetter, ein rother u. s. w. bildet, so dass man also ein Ringsystem hat, das dort, wo sich die Reaction begrenzt, grün ist, darunter blau, dann violett, dann roth, worauf dann die durch die Zersetzung der Farbstoffe bereits entfärbte Flüssigkeit folgt. Man hat aber stets darauf zu achten, dass auch das Grün deutlich sei, denn ein bläulicher und röthlicher Ring allein lassen nicht auf Cholepyrrhin oder Biliverdin schliessen. Man fällt auch den Urin mit Kalkwasser. Der entstehende Niederschlag von normalem phosphorsaurem Kalk nimmt das Pigment mit. Man sammelt ihn auf dem Filtrum, löst ihn mit Hülfe von reiner, sehr verdünnter Salpetersäure und fügt dann vorsichtig die Schwefelsäure hinzu.

Städeler hat später aus Gallensteinen auch einen Farbstoff unter dem Namen Bilifuscin dargestellt, von welchem er aber sagt, dass er die Gmelin'sche Gallenprobe gab. Es ist also Städeler's Bilifuscin entweder ein anderes, oder es ist nicht vollständig gereinigt gewesen, es hat entweder noch Biliverdin oder Bilirubin oder beide enthalten.

Wenn man sich nun fragt, wie und unter welchen Umständen diese Gallenfarbstoffe in der Galle vorkommen, so muss man sagen: In der normalen Galle ist zunächst Cholepyrrhin enthalten, denn die normale Galle ist rein gelb gefärbt. Man kann dies sehen bei Galle, welche aus Gallenfisteln gewonnen wird, man kann dies sehen bei Galle, welche nach anhaltendem Erbrechen entleert wird, wo zuletzt die Magencontenta und der saure Magensaft vollständig heraus sind, und nur noch Galle entleert wird. So lange aber noch saurer Magensaft und Mageninhalt entleert wird, ist die mitentleerte Galle meist grün gefärbt, weil sich unter dem Einflusse des sauren Magensaftes Biliverdin gebildet hat. Bilifuscin kommt in der Leichengalle vor. Es scheint aber auch im lebenden Körper sich zu bilden, denn es kommt offenbar im ikterischen Harne vor. Der ikterische Harn hat beim Schütteln einen grünlichen Schimmer, welcher von Biliverdin herrührt, ist aber zugleich braun, wie ihn Cholepyrrhin und Biliverdin nicht färben könnten. Die älteste Probe zur Untersuchung auf Gallenfarbstoffe im Urin scheint auch Bilifuscin zum Object gehabt zu haben. Man tauchte einen Leinwandlappen in den zu untersuchenden Urin und sah zu, ob er beim Trocknen einen braunen Fleck behielt.

Wir haben unter den Bestandtheilen der Galle das Cholesterin genannt. Das Cholesterin kommt in der Galle vor, ausserdem bildet es einen Hauptbestandtheil der meisten Gallensteine, es ist aber auch im ganzen Körper verbreitet, und namentlich ist es in grosser Menge im Nervenmarke enthalten, so dass, wenn man keine Gallensteine hat, um sich Cholesterin daraus darzustellen, man weisse Gehirnsubstanz als das wohlfeilste und ausgiebigste Material dazu benützt. Am leichtesten bekommt man das Cholesterin aus Gallensteinen. Man kocht dieselben mit heissem Alkohol aus, das Cholesterin ist in heissem Alkohol sehr leicht, in kaltem aber schwerer löslich, und es krystallisirt deshalb aus der heissen gesättigten Lösung heraus. Es krystallisirt in schönen rhombischen Tafeln, deren Winkel 100° 30′ und 79° 30′ betragen, und besteht so aus $C_{26} H_{44} + H_2 O$. Es ist löslich in Aether, aber ganz unlöslich in Wasser. Es existiren sehr charakteristische Reactionen auf Cholesterin. Man fügt zu den Krystallen, welche man für Cholesterinkrystalle hält, Schwefelsäure in verschiedenen Concentrationsgraden. In concentrirter Schwefelsäure zerfliessen die Krystalle zu gelben Tropfen, in etwas verdünnterer werden sie zwar auch benagt, behalten aber ihre Form und nehmen eine rothe Farbe an, ist die Schwefelsäure noch verdünnter, wird die Farbe nicht mehr roth, sondern purpurfarben und die Krystalle erhalten sich in ihrer Form; endlich, wenn man noch Jodtinctur hinzufügt, geht die Farbe in blau über. Die Krystallform, die Löslichkeitsverhältnisse und diese Reactionen genügen an und für sich schon, um das Cholesterin als solches nachzuweisen. In neuerer Zeit ist aber von Salkowski noch eine andere schöne Reaction angegeben worden. Man löst den für Cholesterin gehaltenen Körper in Chloroform auf, fügt dann Schwefelsäure hinzu, schüttelt und lässt die Flüssigkeiten übereinander stehen; dann färben sich nach einiger Zeit die beiden Schichten, welche sich gebildet haben, in höchst charakteristischer Weise. Die unterste Schicht, die Schwefelsäureschicht, färbt sich je nach der Concentration im durchfallenden Lichte gelb oder roth und fluorescirt mit schön grünem Lichte: die obere Schicht, die Chloroformschicht, färbt sich im durchfallenden Lichte purpurfarben, und fluorescirt mit gelber Farbe.

Das Cholesterin ist im Körper, wie gesagt, sehr verbreitet, mehr noch in gewissen krankhaften Zuständen, so, dass es in allen thierischen Flüssigkeiten mit Ausnahme der Thränen und des Harns bereits gefunden worden ist; in diesen beiden Flüssigkeiten nicht, weil sie wässerige Lösungen sind, welche sehr wenig organische Substanz enthalten, und das Cholesterin an und für sich im Wasser unlöslich ist und die Lösung desselben in wässerigen Lösungen nur durch andere Substanzen vermittelt wird. Man hat das Cholesterin früher Gallenfett genannt und als Lipoid bezeichnet, weil es gewisse äussere Eigenschaften mit den Fetten gemein hat. Diese Ausdrücke sind aber obsolet geworden, seit man die Constitution der Fette und die des Cholesterins näher kennen gelernt hat.

Gallensteine.

In der Galle bilden sich, wie gesagt, Concremente, Gallensteine, welche, wenn sie ungefärbt sind, fast vollständig aus Cholesterin bestehen. Sie erreichen manchmal eine bedeutende Grösse, so dass ein Gallenstein die

ganze Gallenblase ausfüllt und ein Modell, einen Ausguss derselben darstellt. In dem Innern auch der ganz weissen Steine findet man gewöhnlich eine gefärbte Stelle, die meist weniger compact ist als der übrige Stein. Es scheint sich hier ein Klümpchen, vielleicht eine Schleimflocke, gefärbt durch in ihr niedergeschlagenes Pigment, gebildet zu haben, und um dieses herum haben sich die Cholesterinkrystalle angelagert, bis sie am Ende zu einem grossen Gallensteine angewachsen sind. Manche Gallensteine sind in ihrer ganzen Substanz gefärbt; sie enthalten dann auch Cholesterin, aber daneben grosse Mengen von Gallenpigment. Ausser den Farbstoffen, welche wir bei der Galle besprochen haben, hat Städeler aus einem grossen Material von Gallensteinen noch verschiedene andere Pigmente dargestellt. Beide sind aber nicht als solche, nicht im freien Zustande in den Gallensteinen enthalten, wie dies zuerst Bramson nachgewiesen hat; sie sind in den Steinen an Kalk gebunden.

Functionen der Galle.

Wenn die Galle in den Darmkanal hineingelangt und sich hier mit dem Speisenbrei mischt — es scheint, dass durch den Reiz, den der saure Speisenbrei beim Uebergange in den Dünndarm hervorbringt, eine plötzliche Entleerung der Galle in den Dünndarm hervorgerufen wird — so entsteht ein reichlicher Niederschlag, der mitunter eine käsige Consistenz hat und sich ziemlich fest an die Zotten des Duodenums anlegt. Dieser Niederschlag, auf welchen Bernard zuerst aufmerksam gemacht hat, entsteht dadurch, dass die Galle das Syntonin, welches in dem Speisenbrei enthalten ist, ausfällt, dabei selbst aber durch die Säure des Magens zum Theil zersetzt wird, so dass dieser Niederschlag aus gefälltem Syntonin und aus Gallensäuren besteht. Diese Einwirkung der Galle auf den Speisenbrei hat eine sehr wichtige Folge, nämlich die, dass mit einem Schlage die Pepsinverdauung, die Verdauung unter saurer Reaction sistirt wird. Es wird zwar später der Speisenbrei durch den reichlichen Zufluss von alkalischen Secreten entsäuert, und schon dadurch würde die Pepsinverdauung aufhören; dies würde aber immer einige Zeit beanspruchen, während die Galle ganz plötzlich und augenblicklich die Pepsinverdauung stillstellt und zwar auf zweierlei Weise: Erstens fällt sie das Syntonin, sie fällt die in sauren Lösungen aufgelösten Eiweisskörper gerade so wie jede andere Salzlösung, wie eine concentrirte Lösung von Kochsalz oder eine concentrirte Lösung von schwefelsaurem Natron die Eiweisskörper ausfällen würde. Sie macht dabei auch alle Eiweisskörper, welche noch im Quellen begriffen sind, verschrumpfen und schon hiedurch ihre Verdauung in saurer Lösung unmöglich. Endlich aber reisst der Niederschlag, welcher entsteht, auf mechanischem Wege das Pepsin mit, so dass hierin ein neues Moment liegt, die Magenverdauung aufhören zu machen.

Man hat sich die Frage gestellt, ob die Galle weiter noch eine Function im Darmkanale habe, oder ob sie nur als ein Excret zu betrachten sei, welches aus dem Körper entleert wird. Der nächste Weg, diese Frage zu entscheiden, schien der zu sein, dass man untersuchte, wie sich Thiere verhalten, denen man die Galle aus dem Körper herausleitet, so dass sie nicht in den Darmkanal hineinkommt. Man legte also an Hunden Gallenfisteln an. Die nächste Erscheinung, die sich zeigte, war,

dass die Hunde die Galle trotz ihrer Bitterkeit mit grosser Begierde aufleckten. Man verhinderte sie daran und die Hunde starben. Später jedoch gelang es Schwann, Hunde, denen Gallenfisteln angelegt waren, und welche die Galle nicht auflecken konnten, längere Zeit hindurch am Leben zu erhalten, obgleich ihre Faeces zeigten, dass durchaus keine Galle in den Darmkanal hineingelangte. Aber diese Hunde verhielten sich nicht wie andere. Wenn sie auf die Ration gesetzt wurden, mit welcher man einen andern Hund derselben Grösse im Gleichgewicht erhalten kann, so gingen sie an Inanition zu Grunde. Sie mussten eine grössere Menge von Futter erhalten, und so lange sie diese bekamen und bewältigen konnten, erhielten sie sich am Leben. Es deutet dies darauf hin, dass vielleicht einerseits die Galle, welche hier verloren ging, noch im Körper theilweise resorbirt worden wäre, und somit jetzt, wo das nicht mehr geschah, durch ein Plus von Nahrungsmitteln ersetzt werden musste: andererseits ist es aber auch möglich, dass die Galle selbst noch bei der Verdauung und bei der Resorption eine Rolle spielt, und dass die Thiere, wenn dieselbe nicht in den Darmkanal hineingelangt, ihre Nahrung schlechter ausnützen als sonst. Was das erstere anlangt, so hat man einerseits die Menge der Galle zu bestimmen gesucht, welche binnen 24 Stunden abgesondert wird, andererseits die Menge der Galle in den Excrementen. Es hat sich immer gezeigt, dass man mit der Rechnung zu kurz kam, dass weniger Galle oder Zersetzungsproducte der Galle in den Faeces enthalten waren, als präsumptiver Weise abgesondert worden war. Solche Rechnungen haben immer ihr Bedenkliches, da die Menge, welche bei Gallenfisteln herausfliesst, bei verschiedenen Thieren und zu verschiedenen Zeiten sehr verschieden ist. Aber es sind noch andere Gründe da, welche es wahrscheinlich machen, dass wirklich ein Theil der Galle im Darmkanale resorbirt und im Körper noch weiter zersetzt und verbrannt wird. Die Farbstoffe gehen in die Faeces und theilweise in den Urin über: sie werden also theilweise resorbirt, sie werden auch chemisch verändert, aber, wie wir später sehen werden nicht so, dass der Körper aus diesem Processe lebendige Kraft gewönne. Es wird auch Dyslysin und es werden auch Gallensäuren in den Faeces gefunden; also auch von diesen geht ein Theil ungenützt fort: aber da im ganzen Dünndarm alkalische Reaction ist, also die Gallensäuren sich mit Alkalien verbinden können, und ihre Verbindungen mit Alkalien leicht löslich sind, so ist es im hohen Grade wahrscheinlich, dass ein Theil der Gallensäuren im Dünndarme wieder resorbirt wird. Dass die resorbirte Galle wenigstens theilweise zerlegt wird, wird dadurch wahrscheinlich, dass beim Icterus, also da, wo sich viel Gallenbestandtheile im Blute befinden, nach den bisherigen Erfahrungen die Gallensäuren nicht in demselben Verhältnisse in den Harn übergehen, wie die Farbstoffe, während in anderen Fällen, es ist dies zum Beispiel in Fällen von Lungenentzündung beobachtet worden, Gallensäuren in den Harn übergehen, ohne dass Icterus vorhanden ist und ohne dass sich Gallenfarbstoff im Urin findet. Die zweite Frage, die, in wie fern die Galle bei der Verdauung und bei der Resorption mitwirkt, können wir nicht isolirt behandeln, wir müssen uns vorerst um einen zweiten Verdauungssaft kümmern, um den Succus pancreaticus.

Das Pankreas und sein Secret.

Das Pankreas wird gewöhnlich als eine acinöse Drüse beschrieben. Es ist dies aber auch nicht im stricten Sinne des Wortes zu nehmen. Das Pankreas ist nicht etwa eine acinöse Drüse, wie die Meibom'schen Drüsen, auch nicht wie die Talgdrüsen es sind. Es hat einen verzweigten Ausführungsgang, an welchem dann wieder Drüsenschläuche sitzen, die ebenfalls verzweigt sind und mit länglichen Kolben endigen, welche sehr verschieden und unregelmässig gestaltet sind. Sie sind in neuerer Zeit von Latschenberger wieder untersucht worden. Sie sind so aneinander gelegt, dass eine möglichst vollständige Raumerfüllung erzielt wird, da nur wenig Bindegewebe zwischen ihnen liegt. Daraus geht schon hervor, dass sie nicht beerenförmig, auch nicht ellipsoidisch sein können, sondern dass sie ihrer Gestalt nach sehr verschieden sind. Im Allgemeinen sind es Kolben oder längere Schläuche, welche sich zu andern zusammensetzen, die dann in einen Ausführungsgang einmünden. Die Enchymzellen der secernirenden Partie der Drüse sind nach Latschenbergers Untersuchungen nackte Zellen mit einem succulenten Protoplasmaleibe. In der Mitte lassen sie in den Schläuchen und Kolben einen centralen Gang. Wenn man vom Ausführungsgange des Pankreas aus das Pankreas injicirt, bekommt man demnach ein dendritisches Gezweige, welches mit seinen letzten Enden in den Endkolben steckt. Es ist hier ein Netzwerk von Gängen beschrieben, welches angeblich die einzelnen Secretionszellen des Pankreas umspinnen soll. Dieses Netzwerk existirt aber als selbstständiges Gebilde nicht, sondern es erscheint nur an vom Ausführungsgange aus injicirten Drüsen dadurch, dass die Injectionsmasse nicht nur in den centralen oder richtiger axialen Kanal, sondern auch noch in die Zwischenräume zwischen den Secretionszellen eindringt, wie dies Latschenberger ausführlich nachgewiesen hat. Bei dem Uebergange der secernirenden Partie in den Ausführungsgang ändert sich das Epithel, so dass die Zellen flach und in die Länge gezogen werden und in diesem Charakter nun die Ausführungsgänge auskleiden, bis in den stärkeren ihre Höhendimension wieder zunimmt, so dass sie sich in Cylinderzellen umgestalten.

Der Pankreassaft, das Secret des Pankreas, ist eine eiweisshaltige Flüssigkeit, eine Flüssigkeit, welche, je concentrirter sie ist, um so mehr lösliches und auch fällbares Eiweiss enthält, alkalisch reagirt und eine Reihe merkwürdiger Wirkungen ausübt, über welche die chemische Untersuchung des Secrets bis jetzt nur noch sehr unvollständigen Aufschluss gegeben hat. Der Pankreassaft hat zunächst die Wirkung, Stärke in Dextrin und Zucker umzusetzen und zwar in einem solchen Grade, wie sie kein anderer Verdauungssaft besitzt. Bei der Temperatur des menschlichen Körpers und selbst bei der gewöhnlichen Temperatur bringt er die Umwandlung der Stärke in Dextrin und Zucker in verhältnissmässig sehr kurzer Zeit zu Stande. Stärkekleister wird in kurzer Zeit so vollständig verändert, dass das Jod keine blaue und auch nicht einmal mehr eine rothe Färbung gibt. Der Pankreassaft wirkt auch auf das Achroodextrin, er setzt auch das Achroodextrin noch kräftig in Zucker um, während wir gesehen haben, dass die Diastase auf das Achroodextrin

entweder gar keine oder eine kaum merkliche Wirkung hat. Das Pankreassecret der körnerfressenden Thiere und auch das Infusum des Pankreasgewebes dieser Thiere wirkt auch auf rohe Stärke ziemlich energisch ein, es wandelt zuerst die Granulose der rohen Stärkekörner um, so dass diese sich dann mit Jodtinctur noch roth färben: dann wandelt es auch die Erythrogranulose um, so dass sich das Stärkekorn mit Jod nicht mehr oder, je nach der Concentration der Jodlösung, gelblich färbt.

Die Folge der Einwirkung des Pankreassaftes auf die Stärke zeigt sich bei Versuchen an Hunden sehr deutlich. Wenn man die Thiere zu der Zeit tödtet, wo eben der Inhalt des Magens theilweise in den Dünndarm übergegangen ist, und den Mageninhalt herausnimmt, so findet man in demselben regelmässig noch grosse Mengen von Erythrodextrin und Erythramylum. Ja man findet in vielen Fällen zu dieser Zeit noch unveränderte Granulose, so dass, wenn man mehr Jod hinzusetzt, die Farbe aus Roth in Blau übergeht. Wenn man von demselben Thiere den Inhalt des Dünndarms ansäuert und Jodtinctur hinzusetzt, so findet man nur in seltenen Fällen irgend eine Färbung, wenn nicht etwa dem Thiere rohe Stärke mit verfüttert worden ist, welche sich dann auch noch im Dünndarme blau färbt. Wenn man den Inhalt des Magens auf Zucker untersucht, so findet man, wie wir gesehen haben, trotz reichlicher Fütterung mit Stärke kaum nachweisbare Spuren von Zucker. Untersucht man aber von demselben Thiere und zu derselben Zeit den Dünndarminhalt, so findet man beträchtliche Mengen von Zucker.

Durch den Zufluss der drei alkalischen Secrete, der Galle, des Pankreassaftes und des Secrets der Brunner'schen Drüsen wird der Speisenbrei neutral und dann alkalisch. Man könnte daraus schliessen, dass die Milchsäuregährung, welche im Magen begonnen, jetzt gänzlich aufhört. Es ist dies aber wohl nicht der Fall. Man merkt nur nichts von ihr, weil die geringe Menge der gebildeten Säure von den zufliessenden alkalischen Secreten immer wieder neutralisirt wird. Denn wir werden später sehen, dass da, wo diese alkalischen Secrete nicht mehr in solcher Menge abgesondert werden, wo nur sogenannter Succus entericus abgesondert wird, in Folge der Milchsäuregährung der Darminhalt wieder sauer wird. Es ist nun doch nicht wahrscheinlich, dass die Milchsäuregährung im Magen beginnt, dass sie dann im Dünndarme aufhört, und dass sie sich im Dickdarme wieder in Gang setzt. Es ist wahrscheinlich, dass sie sich verdeckt im Dünndarme fortsetzt, und dass wir sie nur nicht bemerken, weil durch den Zufluss der alkalischen Secrete die gebildete Säure getilgt wird.

Eine zweite nicht minder wichtige und merkwürdige Wirkung des Pankreassaftes ist die Wirkung desselben auf das Fett. Man kann einen Fetttropfen auf eine Eiweisslösung setzen und ihn damit schütteln; der Fetttropfen wird nicht aufgelöst und auch nicht emulgirt: man kann einen Fetttropfen in ein Reagirglas mit Galle fallen lassen und schütteln: nachdem die Flüssigkeit zur Ruhe gekommen ist, sammelt sich das Fett wieder an der Oberfläche an, es ist nicht emulgirt worden. Schüttelt man aber das Fett mit Pankreassaft, so erhält man sofort eine schneeweisse haltbare Emulsion. Man könnte dieses Verhalten einer eigenthümlichen kräftigen Wirkung der Eiweisskörper des Pankreassaftes zuschreiben, man könnte der Meinung sein, dass dieses Eiweiss sich

besonders eigne, um eine Emulsion hervorzubringen; aber die Sache hat offenbar noch einen andern Grund. Bernard, der diese merkwürdige Eigenschaft des Pankreassaftes zuerst bemerkt hat, hat nachgewiesen, dass der Pankreassaft auch leicht zersetzbare Fette zersetzt, so dass Fettsäuren gebildet werden. Im Kleinen kann man den Versuch folgendermassen anstellen. Man löst ganz frische und säurefreie Butter in Aether auf, mit dieser ätherischen Lösung tränkt man ein Stück Pankreasgewebe. Man lässt nun den Aether verdunsten, fügt etwas Wasser hinzu und legt das Stückchen Pankreasgewebe, nachdem man eine kleine Quantität blauer Lakmustinctur hinzugefügt hat, zwischen zwei Glasplatten mit ineinander verschraubten Fassungen, wie man sie als sogenannte Quetscher bei mikroskopischen Arbeiten braucht. Man bemerkt nach kurzer Zeit, dass sich in der Lakmustinctur um das Stück Pankreasgewebe herum ein rother Hof bildet. Bernard hat sogar vorgeschlagen, dies als Reagens auf Pankreasgewebe anzuwenden, indem er kein anderes Drüsengewebe fand, welches diese merkwürdige Veränderung in den Fetten hervorruft. Er hat dann diese Versuche im Grossen angestellt und hat sich überzeugt, dass hier Buttersäure gebildet wird. Man hat aber lange nicht gewusst, was man mit dieser merkwürdigen Eigenschaft des Pankreasgewebes anfangen solle. Denn die Fette werden bei Weitem der Hauptmasse nach, wie wir dies später ausführlich sehen werden, nicht im zerlegten, sondern im unzersetzten Zustande, nur im mechanisch fein vertheilten Zustande, als Emulsion resorbirt. Man kann Schritt für Schritt die ganze Resorption des Fettes verfolgen. Es gibt kaum in der Physiologie etwas so Klares, etwas so Einfaches, wie die Resorption des Fettes. Man findet in den Chylusgefässen das neutrale Fett wieder, man findet, dass es auch in das Blut übergeht, nachdem ein grosser Theil desselben von den Lymphkörperchen, beziehungsweise Chyluskörperchen, aufgenommen worden ist. Erst in diesem, erst im Blute wird es weiter zerlegt, wie es scheint, indem es zunächst einem langsamen Verseifungsprocesse unterliegt. In neuerer Zeit hat es sich indessen gezeigt, dass doch die theilweise Zerlegung des Fettes, welche im Darm durch den Pankreassaft bewerkstelligt wird, wenn sie sich auch nur auf einen sehr kleinen Theil des Fettes erstreckt, einen sehr wesentlichen Nutzen hat. Man reinige Olivenöl vollständig von allen Fettsäuren. Zu dem Ende setzt man so viel Barytwasser hinzu, dass dadurch nur ein kleiner Theil des Fettes zerlegt werden könnte. Man rührt dann in der Wärme durch. Das Barium-Hydroxyd greift das Fett nicht an, so lange nicht alle freien Fettsäuren gebunden sind. Man lässt erkalten. Die gebildeten Barytseifen senken sich in die untere wässerige Schicht und oben kann man nun das säurefreie Oel abheben. Wenn man solches Oel mit einer Lösung von kohlensaurem Natron oder von Borax schüttelt, so erhält man keine Emulsion, das Oel trennt sich wieder vollständig in einer zusammenhängenden Schicht. Wenn man aber denselben Versuch mit Oel macht, so wie man es kauft, wo es immer eine, wenn auch nur kleine Quantität von Fettsäuren enthält, und schüttelt dieses mit einer Lösung von kohlensaurem Natron oder Borax, so entsteht gleich nach dem ersten Aufschütteln eine dichte und haltbare Emulsion. Das ist so sicher, dass man dies als Probe anwenden kann, ob ein Oel wirklich frei von Fettsäuren ist oder nicht. Es hängt damit zusammen, dass das kohlensaure

Natron und das borsaure Natron an und für sich nicht im Stande sind, das neutrale Fett zu zersetzen, dass aber, wenn freie Fettsäure vorhanden ist, diese einen Theil der Basis an sich reisst, da dieselbe nur durch schwache Verwandtschaft gebunden ist, auf diese Weise eine Seife bildet, und nun die Seife die Emulgirung des Oels vermittelt. Davon kann man sich leicht auf anderem Wege überzeugen. Wenn man zu reinem Oel eine kleine Quantität einer Seifenlösung hinzusetzt, so erfolgt die Emulsion mit derselben Geschwindigkeit. Ganz denselben Versuch kann man nun auch mit Butter anstellen, nur dass man ihn bei erhöhter Temperatur anstellen muss, bei einer Temperatur, bei der die Butter flüssig ist. Nun ist im Darmkanale durch die Galle und durch die andern alkalischen Secrete immer eine grosse Menge Alkalien vorhanden, welche nur durch schwache Verwandtschaften gebunden sind. Diese können die Fettsäuren zum Theile an sich reissen, es bilden sich dadurch Seifen, und diese Seifen sind es, welche die schnelle, die ganz plötzliche Emulgirung des Fettes im Darmkanale erklären. Denn man ist wirklich im höchsten Grade erstaunt, wenn man zum ersten Male ein Thier, das mit Fett gefüttert ist, öffnet. Bis an den Pylorus und selbst im oberen Theile des Duodenums sind noch Fetttropfen vorhanden, im Magen in grosser Masse, und so wie man an den Ausführungsgang des Pankreas und über denselben hinauskommt, so sieht man plötzlich Alles in eine milchige Masse verwandelt, ohne dass doch diejenige kräftige mechanische Action vorhanden wäre, welche in der Apotheke immer angewendet werden muss, um das Fett zu emulgiren. In dieser Beziehung unterliegt es also keinem Zweifel, dass der Pankreassaft sehr wesentlich mitwirkt für die Resorption der Fette, und man hat in der That auch bei Erkrankungen des Pankreas gefunden, dass die Faeces viel fettreicher waren als im normalen Zustande, ja dass das Fett in Substanz auf den Faeces schwamm und erstarrte. Es ist zwar auch beobachtet worden, dass trotzdem kein Pankreassaft in den Darmkanal hineingelangte, Fett resorbirt wurde, was sich aber daraus schon hinreichend erklären würde, dass ja das Fett, welches wir zu uns nehmen, nicht vorher gereinigt ist, sondern dass es Fettsäuren enthält, die dann in ähnlicher Weise Seifen bilden können und in ähnlicher Weise zur Emulsion mitwirken, nur dass dann der ganze Process in kleinerem Maassstabe vor sich geht, als wenn der Pankreassaft zugeflossen ist. Ausserdem scheint aber auch die Galle einen wesentlichen Einfluss auf die Fettresorption zu haben. Aus den gewöhnlichen Fällen, wo es sich blos darum handelt, dass bei einem Icterus die gallenfreien Faeces reich an Fett gefunden wurden, lässt sich eigentlich nicht viel schliessen, denn da gelangt keine Galle in den Darmkanal, weil die Schleimhaut des Duodenums geschwellt ist und den Gallengang verschliesst. Wenn sie aber dies thut, so wird sie wahrscheinlicher Weise auch den Ausführungsgang des Pankreas verschliessen. Es existiren aber Untersuchungen von Voit, welche zum Theil noch nicht publicirt sind, nach welchen er doch der Galle einen bedeutenden Einfluss auf die Resorption der Fette zuschreibt. Ob dieser darin liegt, dass durch die Galle eine grosse Menge von durch schwache Verwandtschaften gebundenen Alkalien zugeführt wird, oder ob die Galle noch durch andere Eigenschaften hiebei wirksam ist, wissen wir nicht.

Eine dritte Wirkung des Pankreassaftes besteht darin, dass er geronnene Eiweisskörper auflöst und resorptionsfähig macht. Es ist dies zuerst von Corvisart beobachtet worden, es wurde hinterher mehrfach bestritten, aber Kühne hat dann in einer ausführlichen Arbeit die Richtigkeit der Angaben von Corvisart nachgewiesen. Die Auflösung erfolgt aber unter wesentlich andern Erscheinungen, als bei der Magenverdauung. Kühne operirte so, dass er nicht das aus künstlich angelegten Pankreasfisteln gewonnene Secret, sondern die Pankreassubstanz selbst zur Verdauung verwendete und als Object der Verdauung sich meist des gereinigten und gekochten Blutfibrins bediente. Er fand dann, dass dasselbe nicht aufquoll, sondern dass es mürbe und zerreisslich wurde, und am Ende sich verflüssigte. Wenn er das Fibrin, nachdem es durch die Einwirkung der Pankreasflüssigkeit mürbe und zerreisslich geworden war, auswusch, so dass er also das lösliche Eiweiss und das Eiweiss, welches im Pankreassafte selbst enthalten ist, fortschaffte, so fand er, dass der Rest zum grossen Theile in verdünnter Kochsalzlösung löslich sei, und dass die so erhaltene Lösung beim Kochen gerann. Es war hier also aus dem gekochten Blutfibrin, das, wie alle gekochten Eiweisskörper, bei der Magenverdauung nur fällbares Eiweiss gibt, eine Lösung erhalten worden, welche sich wie natives Eiweiss verhielt. Es ist dies deshalb von besonderer Wichtigkeit, weil es, wie wir früher schon gesehen haben, räthselhaft ist, auf welche Weise speciell wir Menschen uns das native Eiweiss verschaffen, da wir alle Eiweisskörper im gekochten oder im gebratenen Zustande zu uns nehmen, und die durch Hitze coagulirten Eiweisskörper bei der Magenverdauung nur wieder fällbares, niemals natives, sogenanntes lösliches Eiweiss geben.

Als weitere Verdauungsproducte fand Kühne sogenannte Pankreaspeptone, von denen man kaum so viel weiss, als man von den Peptonen weiss, welche bei der Verdauung durch Magensaft entstehen, ferner Leucin und Tyrosin, Indol und andere Producte weiterer Zersetzung. Unter den letzteren ist in neuester Zeit von Salkowski und Radziejewski die Asparaginsäure erkannt worden. Leucin und Tyrosin treten bei der chemischen Zersetzung der Eiweisskörper, sei es, dass dieselben durch Alkalien, sei es, dass dieselben durch Säuren zerstört werden, als die allerhäufigsten Producte auf. Sie treten ferner auch bei der Fäulniss der Eiweisskörper auf, und so auch hier bei der Pankreasverdauung. Sie sind auch im Körper verbreitet, namentlich das Leucin im Pankreas, in den Lymphdrüsen, in den Speicheldrüsen u. s. w. Sie treten auch unter pathologischen Verhältnissen an Orten auf, wo sie normaler Weise nicht gefunden werden, und können dann auch in den Urin übergehen, während sie im gewöhnlichen, im normalen Zustande im Organismus weiter zersetzt werden, so dass das Endproduct Harnstoff ist.

Das Leucin besteht aus $C_6 H_{13} NO_2$. Es krystallisirt theils in Nadeln, theils in Blättchen, ist im Wasser ziemlich leicht, in Alkohol schwerer, in Aether sehr schwer löslich und kann im unzersetzten Zustande sublimirt werden. Es bildet dabei, wenn man es in einem Probirröhrchen erhitzt, wollige Flocken, die in der Luft umherfliegen in ähnlicher Weise wie Zinkoxyd. Man muss es übrigens, um es mit Sicherheit zu erkennen, einigermassen rein darstellen. Es hat keine charakteristische Reaction, durch welche es sich im unreinen Zustande, oder doch in sehr

unreinem Zustande von andern Körpern unterschiede. Wenn man es einigermassen rein dargestellt hat, und man dampft es auf einem Platinblech mit Salpetersäure ab, so gibt es einen farblosen, ganz unscheinbaren Rest. Setzt man zu diesem Reste einige Tropfen Natronlauge hinzu und dampft vorsichtig ab, so löst sich dieser Rest in der Natronlauge zu einem ölartigen Tropfen auf, der, wenn er eine gewisse Concentration erreicht hat, ohne Adhäsion wie eine Kugel auf dem Platinblech herumrollt. Wenn man Leucin mit verdünnter Schwefelsäure und Braunstein erwärmt, so gibt es den charakteristischen Geruch nach Valeronitril. Nimmt man concentrirte Schwefelsäure und treibt die Oxydation weiter, so entsteht Valeriansäure.

Das Tyrosin ist schwer löslich im Wasser, Alkohol und Aether, und besteht aus $C_9 H_{11} NO_3$. Es gibt zwei sehr empfindliche Reactionen, die eine ist bekannt unter dem Namen der Piria'schen Reaction und wird dadurch erzielt, dass man die für Tyrosin gehaltene Substanz in Schwefelsäure auflöst, sie einige Zeit damit stehen lässt, dann mit kohlensaurem Kalk die Schwefelsäure sättigt und aufkocht. Die Flüssigkeit filtrirt man jetzt vom Gypse ab und setzt nun eine kleine Menge einer neutralen Eisenchloridlösung hinzu; dann entsteht, wenn die Substanz in der That Tyrosin war, eine schön violette Farbe. Man thut aber wohl, die Eisenchloridlösung sehr stark zu verdünnen, und sie tropfenweise hinzuzufügen, denn eine sehr geringe Menge von Eisenchlorid ist hinreichend, um die Färbung zu erzeugen, und fügt man mehr hinzu, so verdirbt man die schon entstandene Färbung. Die andere Probe ist die Hofmann'sche Tyrosinprobe. Sie besteht darin, dass man den für Tyrosin gehaltenen Körper in einer sauren Lösung von salpetersaurem Quecksilberoxyd kocht. Wenn wenig Tyrosin zugegen ist, färbt sich die Flüssigkeit nur rosenroth bis dunkelpurpurroth; wenn aber mehr Tyrosin vorhanden ist, dann scheiden sich aus der dunkelpurpurrothen Lösung reichliche rothe Flocken aus. L. Meyer stellt die Probe so an, dass er sich erst neutrales salpetersaures Quecksilberoxyd bereitet, indem er Salpetersäure auf überschüssiges Quecksilber einwirken lässt, und dieses zu der Tyrosinlösung hinzusetzt. Dann entsteht beim Aufkochen ein gelblich weisser Niederschlag, und nun mischt er zu Wasser etwas rauchende Salpetersäure hinzu und trägt diese verdünnte Salpetersäure tropfenweise ein. Wenn er nun aufkocht, dann entsteht wiederum dieselbe rothe Farbe, von der ich vorhin gesprochen habe, eventuell bei grösserer Menge von Tyrosin die rothen Flocken, welche sich ausscheiden. Er nimmt rauchende Salpetersäure, weil immer eine kleine Menge salpetrige Säure zugegen sein muss, und v. Vintschgau räth deshalb, wenn man die Probe nach Hofmann anstellen will, noch einen kleinen Krystall von salpetrigsaurem Kali hinzuzusetzen, um sich des Erfolges der Reaction zu vergewissern.

Die Secretion des Pankreassaftes steht nach den Beobachtungen von Bernstein unter dem Einflusse des Nervensystems. Während der Magenverdauung beginnt und steigert sich die Pankreassecretion, so dass ein reichliches Secret ergossen wird, wenn der Speisenbrei eben aus dem Magen in den Dünndarm übergeht. Zu dieser Zeit findet man auch das Infus, welches aus der Substanz der Drüse bereitet wird, wirksamer als andern Zeiten. Dagegen hemmt nach den Beobachtungen von Bern-

stein Erbrechen und selbst Würgen die Pankreassecretion vollständig, und es gelang ihm auch, dieselbe stillzustellen durch Reizung des centralen Vagusstumpfes, während die Reizung des peripheren Vagusstumpfes unwirksam war. Die Pankreassecretion scheint also unter dem doppelten reflectorischen Einflusse der Vagusfasern zu stehen, einmal von solchen, die die Pankreassecretion anregen, und das andere Mal von solchen, welche sie hemmen, welche sie sistiren.

Der Darmsaft (Succus entericus).

Das Secret der Brunner'schen Drüsen können wir uns, wie schon erwähnt, nicht im reinen Zustande verschaffen; es lässt sich deshalb auch über dessen chemische Zusammensetzung und über dessen physiologische Wirkung nichts sagen. Dagegen hat man sich zu wiederholten Malen den sogenannten Succus entericus, das Secret der Darmwand oder, wie man gewöhnlich annimmt, der Lieberkühn'schen Krypten im unvermischten Zustande verschafft. Man kann dies thun, indem man eine Darmschlinge abbindet, wie man dies zuerst gethan hat, oder indem man ein Darmstück isolirt dadurch, dass man den Darm an zwei Stellen durchschneidet und mit Ausschluss des Zwischenstückes wieder zusammenheilt, oder aber dadurch, dass man Darmfisteln so anlegt, dass das Secret, welches aus dem oberen Theile des Dünndarmes kommt, aus dem Körper herausfliesst, also die Flüssigkeit, die sich in dem unteren Theile ansammelt nun reiner Succus entericus ist.

Die belehrendsten Beobachtungen und Versuche in Rücksicht auf den Menschen sind diejenigen, welche Busch in einer ausgezeichneten Krankengeschichte beschrieben hat. Ich habe Ihnen schon früher erwähnt, dass er auf der chirurgischen Klinik in Bonn Gelegenheit hatte, eine Person zu beobachten, welche von einem wüthenden Stiere auf die Hörner genommen worden war, und welche im oberen Theile des Dünndarms eine derartige Darmfistel davongetragen hatte, dass der ganze Chymus, welcher aus dem Magen kam, nach aussen entleert wurde, und ebenso Galle, Pankreassaft und Secret der Brunner'schen Drüsen, und nichts davon in das untere Stück des Dünndarms hineingelangte. Obgleich diese Person grosse Mengen von Nahrungsmitteln durch den Mund zu sich genommen hatte, war sie doch so sehr abgemagert, dass man täglich ihrem Ende durch Inanition entgegensah. Der Grund davon war leicht einzusehen. Sie hatte die Nahrungsmittel zu sich genommen, dieselben waren die Magenverdauung eingegangen, sie waren mit dem Pankreassafte und der Galle gemischt, aber das Stück Darmkanal, welches sie jetzt zu durchwandern hatten, war zu kurz gewesen, es hatte durch dasselbe nicht die hinreichende Menge von Nahrungsmitteln resorbirt werden können, es war deshalb der grösste Theil derselben wieder ungenützt ausgeleert worden. Busch kam deshalb auf den Gedanken, sie von dem unteren Stücke des Darmkanales aus zu ernähren und stopfte deshalb flüssige und feste Nahrungsmittel in die in dasselbe führende und zu diesem Zwecke erweiterte Fistelöffnung. Die Person kam nach kurzer Zeit zu Fleisch und zu Kräften, und merkwürdiger Weise gelang es später sogar, sie im Gleichgewichte zu erhalten durch die Nahrung, welche man ihr durch den Mund gab. Dieses schnelle Wiederindiehöhe-

kommen durch die Ernährung von der unteren Fistelöffnung aus weist an und für sich schon darauf hin, dass im Darmkanale verdaut werden kann, ohne Magensaft, ohne Pankreassaft, ohne Galle und ohne das Secret der Brunner'schen Drüsen, unter der blossen Wirkung des Succus entericus und derjenigen Zersetzungen, welche etwa freiwillig bei der Temperatur von 38^0 in den hineingebrachten Substanzen vor sich gehen. Busch hat nun die Wirkung des Succus entericus, welcher, wie er stets beobachtet hat, nur in verhältnissmässig geringer Menge abgesondert wird, auf die Nahrungsmittel untersucht. Er fand zunächst, was schon frühere Beobachter bei ihren Versuchen an Thieren gefunden, dass der Succus entericus in ziemlichem Grade das Vermögen habe, Stärke in Dextrin und Zucker umzuwandeln. Er steht hierin zwar hinter dem Pankreassafte zurück, hat aber noch immer das Vermögen in hinreichendem Grade. um die ganze gekochte Stärke der Nahrung in Dextrin und Zucker umzuwandeln. Zweitens fand er aber auch, dass der Succus entericus das Vermögen habe, geronnene Eiweisskörper aufzulösen. Busch füllte geronnenes Eiweiss in Tüllsäckchen und senkte diese an Fäden in die untere Fistelöffnung hinein, liess sie darin gegen 5 Stunden und nahm sie dann wieder heraus. Nachdem er vorher das feuchte Gewicht der hineingegebenen Eiweisskörper gewogen hatte und den trockenen Rest des gleichen Gewichtes von diesem Eiweiss bestimmt hatte, so bestimmte er jetzt wiederum den trockenen Rest des Rückstandes und er fand, dass der Gewichtsverlust 5, 6, 10, ja in den günstigsten Fällen sogar 35% der angewendeten Substanz betrug. Dagegen zeigte sich keine besondere Einwirkung des Succus entericus auf die Emulgirung der Fette. Butter, welche im zerlassenen Zustande in die untere Oeffnung der Fistel hineingespritzt wurde, erschien oft nach längerer Zeit wieder in grösseren zusammenhängenden Massen, indem sie durch eine zufällige peristaltische Bewegung wieder ausgetrieben wurde. Ebenso wenig hatte der Succus entericus das Vermögen, Rohrzucker in Invertzucker, d. h. in Traubenzucker und Fruchtzucker umzuwandeln. Diese Umwandlung geschieht allerdings während der normalen Verdauung, aber sie geschieht höchst wahrscheinlich nicht durch die Einwirkung irgend eines Verdauungssaftes als solchen, sondern im Magen durch die Einwirkung der Säure. Bei der Temperatur von 38^0 wird der Rohrzucker in saurer Lösung allmälig invertirt. Es ist dies bestritten worden, aber ich habe mich mehrfach davon überzeugt, dass es wenigstens bei Hunden dennoch der Fall ist. Da, wo man den Rohrzucker unverändert gefunden hat, ist wahrscheinlich der Säuregrad im Magen nicht hinreichend gewesen, um in der gegebenen Zeit die Inversion zu vollbringen.

Menge der Verdauungssäfte.

Busch hat bei dieser Gelegenheit auch Versuche angestellt über die Menge der Verdauungsflüssigkeiten, welche in dem oberen Theile des Darmkanals in den Tractus intestinalis hinein entleert werden. Er machte dies so, dass er seiner Kranken kurze Zeit nur trockene Nahrungsmittel gab und dann die ganze Masse auffing, die aus der oberen Fistelöffnung abging. Das Gewicht derselben minus dem Gewichte der angewendeten trockenen Nahrungsmittel gab das Gewicht der Verdauungsflüssigkeiten,

und wenn man die aufgefangene Masse zur Trockne abdampfte und von der Menge des trockenen Rückstandes die Menge der Nahrungsmittel abzog, so gab dies zwar nicht genau, aber doch näherungsweise die Menge des festen Rückstandes der abgesonderten Verdauungssäfte. Es musste nämlich dabei das ausser Betracht gelassen werden, was etwa auf dem Wege bis zur Fistelöffnung schon resorbirt worden war. Er fand auf diese Weise, dass bei seiner Kranken die Menge von Verdauungsflüssigkeiten, welche binnen 24 Stunden in den Darmkanal hinein ergossen wird, den siebzehnten Theil des ganzen Körpergewichtes der Patientin betrug. Nun können Sie das nicht auf den gesunden Menschen übertragen und sagen, er secernire binnen 24 Stunden den siebzehnten Theil seines Körpergewichtes an Verdauungsflüssigkeiten, an Magensaft, Galle und Pankreassaft; das geht schon deshalb nicht, weil die Person sehr abgemagert war, vielleicht drei Zehntel und mehr von ihrem Körpergewichte verloren hatte, als sie in die Behandlung von Busch kam, und auch später, als diese Versuche angestellt wurden, bei Weitem nicht auf ihr normales früheres Gewicht gebracht worden war. Immerhin zeigen aber diese Versuche, dass die Menge der Flüssigkeiten, welche in den oberen Theil des Darmkanales hineinergossen worden, eine sehr bedeutende ist. Da die Kranke damals sicher nicht mehr um $\frac{4}{10}$ unter ihrem normalen Gewichte stand, so greift man wohl nicht zu hoch, wenn man sagt, die Flüssigkeit habe wenigstens $\frac{1}{28}$ von dem Gewichte betragen, das sie hatte, ehe sie die Verletzung erlitt. Da nun die Menge von Flüssigkeit, welche normaler Weise binnen 24 Stunden aus dem unteren Ende des Darmkanals entleert wird, eine sehr geringe ist, so muss nahezu diese ganze Flüssigkeitsmasse auf dem Wege durch den Darmkanal resorbirt werden. Es ergibt sich daraus, dass ein förmlicher Kreislauf durch den Darmkanal existirt, dessen wesentliche Zuflüsse aus der Mundhöhle, dem Magen und dem Duodenum kommen, während der Abfluss auf der ganzen Strecke des Darmkanals stattfindet. Dieser Flüssigkeitsstrom, dieser Flüssigkeitskreislauf durch den Darm reisst die ernährenden Substanzen mit sich, welche aus dem Darmkanale durch die Chylusgefässe in die Säftemasse übergeführt werden sollen. Der Strom der secernirten Verdauungsflüssigkeiten ist auf seinem Rückwege zugleich der ernährende Resorptionsstrom.

Der Motus peristalticus.

Der Speisenbrei wird fortgeführt im Dünndarme und später auch im Dickdarme durch den sogenannten Motus peristalticus. Derselbe besteht im Wesentlichen darin, dass sich an irgend einer Stelle eine Contraction bildet, welche nach abwärts über ein grösseres oder geringeres Stück des Darmkanals abläuft, während sich vor der Contractionswelle die Längsfasern des betroffenen Darmstückes zusammenziehen. Auf diese Weise wird der Inhalt oder vielmehr ein Theil des Inhalts des Darmes weiter nach abwärts befördert. Auch über den Motus peristalticus hat Busch an seiner Kranken eine Reihe von Beobachtungen angestellt. Die Gelegenheit dazu bietet sich aber auch manchmal in andern Fällen, namentlich an Individuen, welche an Diastase der Bauchmuskeln leiden, und welche zugleich sehr abgemagert sind, so dass nur eine dünne Decke über ihren Bauch-

Ausschläge u. s. w. erzeugen könne, während die Kinder, wenn sie thatsächlich voller Grind sind, Leberthran als Heilmittel löffelweise nehmen müssen.

Für die Stärke gibt es drei Verdauungssäfte, welche sie in Dextrin und Zucker umwandeln und somit ihre Verdauung einleiten, den Speichel, den Pankreassaft und den Succus entericus. Ausserdem haben wir aber gesehen, dass, abgesehen von irgend welcher Einwirkung der Verdauungssäfte, die Milchsäuregährung, welche im Tractus intestinalis stattfindet, als solche die Stärke in Dextrin und demnach in Zucker und dann in Milchsäure umsetzt. Die gekochte Stärke, wenn sie nicht in so compacten Massen in den Magen hineinkommt, dass sie überhaupt gar nicht von Flüssigkeit durchdrungen werden kann, kann also niemals unverdaut irgendwo im Darmkanale liegen bleiben. Selbst wenn weder Magensaft noch Pankreassaft, ja selbst, wenn der Speichel nicht abgesondert würde, so könnte zwar die Verdauung der Stärke verzögert werden, schliesslich müsste sie aber doch schon durch die blosse Berührung mit der Darmwand und somit mit dem Succus entericus und ausserdem durch die Milchsäuregährung, durch den Gährungsprocess, welcher im Magen und im Darmkanale vor sich geht, endlich verdaut und zur Resorption gebracht werden. Daraus erklärt es sich, dass in krankhaften Zuständen, in denen weder grössere Mengen von Fett, noch grössere Mengen von Eiweisskörpern, namentlich von Eiweisskörpern in compactem Zustande, verdaut werden, dass in solchen noch Kohlehydrate verdaut und Kohlehydrate ohne Nachtheil genossen werden. Andererseits wird aber die Stärke, auch die gekochte Stärke, niemals ganz vollständig verdaut. Von der rohen Stärke ist es längst bekannt, dass Thiere, welche dieselbe zu sich nehmen, z. B. die Pferde, in ihren Faeces eine grosse Menge von unverdauter Stärke haben. Voit hat aber auch bei Hunden nachgewiesen, dass durch den Genuss von gekochter und gebackener Stärke, von Brod, immer die Menge der Faeces sehr vermehrt wird, so dass bei Brodnahrung eine viel grössere Menge von Faeces abgeht als bei Fleischnahrung. Eine analoge Beobachtung ist auch an Menschen gemacht worden. Menschen, welche sich der Bantingkur unterziehen, welche, um ihre Fettleibigkeit los zu werden, sich des Fettes und der Kohlehydrate möglichst enthalten und sich fast ausschliesslich von Fleisch nähren, bekommen entweder nach kurzer Zeit Diarrhöe, und dann müssen sie die Kur abbrechen; wenn dies aber nicht der Fall ist, so vermindert sich die Menge ihrer Faeces in auffallender Weise. Damit hängt es zusammen, dass die Einen behaupten, die Bantingkur mache ihnen Diarrhöe, die Andern sagen, sie seien bei der Bantingkur verstopft. Der Grund dieser anscheinenden Verstopfung liegt meistens einfach darin, dass die Menge der Faeces, welche im Darmkanale angehäuft ist, viel geringer ist als bei der gewöhnlichen gemischten Nahrung. Der Rest, der bei der Stärke zurückbleibt, kommt offenbar auf Rechnung desjenigen Bestandtheils der Stärke, welchen Naegeli mit dem Namen der Cellulose bezeichnet hat. Denn wir haben gesehen, dass die Granulose zuerst verdaut und umgewandelt wird, und dass auch die Erythrogranulose beim Uebergange in den Dünndarm umgewandelt wird, indem hinterher auch keine Reaction auf Erythrogranulose zu finden war. Es ist zwar die Cellulose an und für sich für den Menschen nicht durchaus unver-

daulich, wenn er auch nicht so viel davon zur Verdauung und zur Resorption bringt, als dies bei den grasfressenden Säugethieren der Fall ist: aber doch bleibt von der Stärke ein bedeutender Rest zurück, welcher nur Cellulose sein kann.

Von den Zuckern, welche wir in uns hineinbringen, bleibt begreiflicher Weise kein solcher Rest zurück. Wir können aber nicht etwa die Stärke als Nahrungsmittel durch Zucker ersetzen wollen, denn der Zucker kann gar nicht in einer solchen Quantität genossen werden wegen der anderweitigen Unordnungen, welche er im Darmkanal hervorruft, theils durch die starke Anziehung zum Wasser, welche Zucker in Substanz, und welche concentrirte Zuckerlösung hat, theils durch die Leichtigkeit, mit welcher er die Milchsäuregährung eingeht. Es ist bekannt, dass Zucker im Magen die Säure sehr rasch vermehrt, während Stärke sie nur sehr langsam vermehrt. Das beruht darauf, dass der Zucker, wenn er als solcher fertig in den Magen hineingebracht wird, gleich in Masse die Milchsäuregährung eingehen kann, während die Stärke, in den Magen gebracht, nur sehr allmälig Veranlassung zur Bildung von Milchsäure geben kann, nämlich in dem Grade, als sie erst in Dextrin, dann in Zucker und endlich in Milchsäure umgesetzt wird. Es beruht deshalb auf einer verkehrten theoretischen Anschauung, wenn man die Leute fett machen oder nähren will dadurch, dass man ihnen grosse Mengen von Zucker gibt, und dass man sie mager machen will, indem man ihnen den Zucker als solchen entzieht. Die Mengen von Zucker sind es nicht, welche das Fett- und Magerwerden bedingen, weil überhaupt der Zucker auf die Dauer nicht in solchen Quantitäten hineingebracht wird und hineingebracht werden kann, dass er der Stärke gegenüber wesentlich in Betracht kommt. Wenn man Zucker in zu grossen Mengen einführt — davon kann man sich auch an Thieren überzeugen — tritt oft Diarrhöe und in Folge davon Abmagerung ein.

Was die dritte Gruppe der Nahrungsmittel, die Eiweisskörper, anlangt, so werden sie so ziemlich vollständig verdaut, so dass ein verhältnissmässig sehr kleiner Rest zurückbleibt. Die Schlangen verdauen bekanntlich die Fleischnahrung so vollständig, dass in ihren Faeces fast nur Harnbestandtheile abgehen, und der eigentliche Rückstand der Magen- und Darmverdauung ein äusserst geringer ist. Auch die Raubvögel verdauen, nachdem sie die für sie unverdaulichen Substanzen durch Erbrechen ausgestossen haben, das Uebrige sehr vollkommen. Auch die fleischfressenden Säugethiere und die Menschen verdauen den grössten Theil des Fleisches bis auf die elastischen Fasern, welche unverdaut abgehen. Auch diese sind nach Etzinger nicht ganz unverdaulich; sie waren nach zehntägiger Digestion mit künstlicher Verdauungsflüssigkeit grösstentheils aufgelöst. Ebenso wurde Knorpel künstlich grösstentheils verdaut und bei Hunden konnte durch Knorpelfütterung die Menge des Harnstoffs gesteigert werden. Es wurde also sicher ein Theil derselben resorbirt und verwerthet. Die Menge der Faeces bei Fleischnahrung bei Fleischfressern und beim Menschen ist deshalb eine verhältnissmässig geringe. Aber das Fleisch und die Eiweisskörper verlangen unnachsichtlich die Wirkung der Verdauungssäfte. Sie unterliegen nicht wie die Kohlehydrate durch sogenannte spontane Zersetzung demselben Processe, den sie bei der Verdauung durchmachen. Darum gilt geronnenes Hühner-

eiweiss, welches in grossen Stücken in den Magen hineingebracht wird, im Allgemeinen als schwer verdaulich, weil es durch die Wirkung des Magensaftes allmälig von der Oberfläche her aufgelöst werden muss. Auch das Fleisch muss der Wirkung des Magensaftes unterliegen, zunächst damit das Bindegewebe verdaut wird, welches dasselbe zusammenhält, und dann ein Theil der Eiweisskörper, während ein Theil der Muskelfasern noch in den Dünndarm übergeht und hier weiter verändert wird. Es muss darauf aufmerksam gemacht werden, dass das Bindegewebe in dem Zustande, in welchem wir es geniessen, im gekochten oder gebratenen Zustande, wo es doch immer vorher der Hitze ausgesetzt worden ist, leichter der Verdauung unterliegt als die Muskelfasern selbst. Damit hängt es offenbar zusammen, dass Leute, welche kein Fleisch mehr vertragen, noch andere eiweissartige Substanzen, z. B. Hirn oder Thymus, vertragen können. Ich habe einen alten Mann von 81 Jahren gekannt, der übrigens vollkommen gesund war, der aber kein Fleisch mehr verdauen konnte. Um sich die Fleischnahrung nicht gänzlich zu entziehen, wechselte er fortwährend mit Hirn, Thymus, weicher Geflügelleber u. s. w. Er verdaute eben das durch die Zubereitung schon halb in Leim umgewandelte Bindegewebe dieser Substanzen und konnte dann auch einen Theil der nun in sehr fein vertheiltem Zustande in seinem Darmkanale befindlichen Eiweisskörper zur Resorption bringen. Vor Allem muss man festhalten, dass es wesentlich die Magenverdauung ist, welche so zu sagen zunächst die gröbste Arbeit an der Fleischnahrung thut, und das ist auch offenbar der Grund, weshalb thierische Nahrung, namentlich thierische Nahrung im compacten Zustande, Fleisch in Stücken, in krankhaften Zuständen, namentlich in fieberhaften, nicht vertragen wird, wo Kohlehydrate oft noch leicht vertragen werden, und wo Eiweisskörper im fein vertheilten Zustande, z. B. das Eidotter, Milch u. s. w., auch noch vertragen und verdaut werden.

Die Resorption.

Was wird nun von den Nahrungsmitteln resorbirt? Die Fette werden grösstentheils in Substanz und in Gestalt einer Emulsion resorbirt. Wir haben gesehen, dass nur ein sehr kleiner Theil derselben zersetzt wird, Seifen bildet, und dass diese Seifen als Mittel dienen, um das Uebrige noch unzersetzte Fett in Emulsion überzuführen und zur Resorption zu bringen. Wir werden sehen, dass wir den Weg der einzelnen Fetttröpfchen vollständig verfolgen können.

Von den Kohlehydraten werden resorbirt der Zucker, welchen wir im Chylus und im Blute nachweisen können, es werden resorbirt milchsaure Salze, indem die gebildete Milchsäure sich im Dünndarme mit den dort zur Disposition stehenden Basen verbindet und leicht lösliche milchsaure Salze bildet. Es wird wahrscheinlich auch Dextrin, namentlich Achroodextrin resorbirt, es fehlt darüber aber an einer entscheidenden Untersuchung, weil man, um die Dextrine im Chylus nachzuweisen, grössere Mengen von Material gebraucht, und es grosse Schwierigkeiten hat, sich grosse Mengen von reinem Chylus zu verschaffen. Das Achroodextrin ist an sich schwer nachweisbar, und das Erythrodextrin ist deshalb als Bestandtheil thierischer Organe und thierischer Flüssigkeiten

schwer nachweisbar, weil es seine charakteristische Reaction, die rothe Färbung mit Jod, mit dem Glycogen gemein hat. Man hat im Blute kleine Mengen einer Substanz gefunden, welche sich mit Jod roth färbte und offenbar ein Kohlehydrat war, von der es sich aber wegen der geringen Menge, in welcher sie vorhanden war, nicht entscheiden liess, ob sie Glycogen oder Erythrodextrin sei.

Von den stickstoffhaltigen Substanzen wird, wie bereits erwähnt, der Leim weiter verändert, verliert seine Gerinnbarkeit und wird wahrscheinlich in diesem Zustande resorbirt. Man weiss über seine weiteren Schicksale nichts. Von den Eiweisskörpern nahm man, wie gesagt, früher an, dass sie nur als Peptone resorbirt würden. Wir haben den Begriff der Peptone so gefasst, dass wir Eiweisskörper noch jene Substanzen nennen, welche durch Blutlaugensalz aus ihren sauren Lösungen gefällt werden, dagegen diejenigen Abkömmlinge derselben, welche noch nicht krystallisiren und noch durch Tannin gefällt werden, aber nicht mehr durch Blutlaugensalz aus sauren Lösungen gefällt werden, als Peptone bezeichnen. Dass nun Eiweisskörper im eigentlichsten Sinne des Wortes resorbirt werden, davon kann man sich auf verschiedene Weise überzeugen. Als ich mich vor einer Reihe von Jahren mit der Untersuchung der Chylusgefässe beschäftigte und vor Allem auf natürlichem Wege angefüllte Chylusgefässe zu erhalten suchte, bemerkte ich, dass man zu nichts gelangt, wenn man die Thiere unmittelbar nach dem Tode öffnet, weil dann die Muskelfasern in den Zotten und der Schleimhaut, und auch die subperitonäalen Muskellager sich zusammenziehen und den Chylus aus den ersten Anfängen der Chylusgefässe, die uns ja gerade interessiren, hinaustreiben. Ich liess deshalb die Thiere 48, manchmal auch nur 24 Stunden in einem kalten Raume liegen und öffnete sie erst dann. Nun erreichte ich meinen Zweck, jetzt waren die Muskelfasern abgestorben, zugleich fand ich aber auch ganz in der Regel den Chylus vollständig zu einer käsigen Masse geronnen. Wenn ich mit einem Lakmuspapier die Reaction untersuchte, so fand ich sie sauer. Es war also hier offenbar unter dem Entstehen der sauren Reaction ein fällbares Eiweiss herausgefällt worden. Da es meist saugende Thiere waren, an denen ich arbeitete, so war es klar, dass dies das Casein der Milch sei, welches sie resorbirt hatten, und welches beim Sauerwerden der Reaction nun herausgefällt wurde, in ganz ähnlicher Weise, wie es sich in der Milch ausscheidet, wenn dieselbe sauer wird. Nun haben wir aber früher gesehen, dass wenn man durch einen Thoncylinder Milch filtrirt, dann erst das lösliche Eiweiss hindurchgeht, und dass das Casein zurückbleibt. Das Casein der Milch ist also schwerer filtrirbar als das lösliche Eiweiss der Milch. Es konnte also keinem Zweifel unterliegen, dass hier lösliches Eiweiss, so weit es in der Milch vorhanden war, mit resorbirt wurde, denn durch Oeffnungen, durch welche das Casein hindurchgegangen war, war sicher auch das lösliche Eiweiss hindurchgegangen. Uebrigens handelt es sich gar nicht um Wege von einer solchen Feinheit, dass ein Eiweissmolekül nicht hindurchgehen könnte, da ja die Fettkugeln in Substanz hindurchgehen. Man findet auch immer im Chylus, wenn Eiweisskörper genossen werden, nicht nur wenn Milch genossen ist, sowohl fällbares als lösliches Eiweiss, wovon man sich überzeugen kann, wenn man den Chylus auffängt und ihn mittelst Ansäuerns und mittelst Erwärmens

untersucht. Auch wenn keine Milch genommen wurde, enthält der Chylus meist so viel fällbares Eiweiss, dass er beim Sauerwerden des Darminhaltes freiwillig gerinnt, und oft ebenso compact gerinnt, als wenn Milch genommen worden wäre. Man kann also nicht daran zweifeln, dass beide Arten des Eiweisses, soweit sie im Dünndarme vorhanden sind, resorbirt werden. Die Schwerfiltrirbarkeit des Eiweisses, durch welche man früher zu der Idee gekommen ist, dass dasselbe als solches nicht resorbirt werden könne, ist keineswegs allem Eiweiss gleichmässig eigen. Das Hühnereiweiss, welches durch theilweise Gerinnung mit gelatinösen Massen durchsetzt ist, ist allerdings schwer filtrirbar, auch das Serumeiweiss ist ziemlich schwer filtrirbar, aber z. B. das lösliche Eiweiss, welches in der Milch enthalten ist, ist, wie wir gesehen haben, verhältnissmässig leicht filtrirbar, und ebenso ist das reine Wurz'sche Eiweiss leicht filtrirbar. Auch das lösliche Eiweiss, das sich bei der Magenverdauung bildet, oder vielmehr, welches bei der Magenverdauung verbleibt, ist leicht filtrirbar. Wenn man mit einer künstlichen Verdauungsflüssigkeit rohes Fleisch verdaut und gleich nach der Auflösung oder noch vor der völligen Auflösung desselben die Flüssigkeit abfiltrirt, so weit neutralisirt, dass das Syntonin herausfällt, und nun vom Syntonin abfiltrirt und die nahezu neutrale, nur schwach sauer reagirende Flüssigkeit jetzt erhitzt, so bekommt man eine reichliche Ausscheidung von Eiweiss. Wenn man aber von derselben Flüssigkeit, von welcher man eine Probe erhitzt hat, etwas filtrirt, so kann man sehen, dass sie mit grosser Leichtigkeit, ähnlich wie eine Wurz'sche Eiweisslösung, durch das Filtrum hindurchgeht. Es wird also von den Eiweisskörpern resorbirt fällbares Eiweiss, zunächst durch Säuren verändertes fällbares Eiweiss, das sich mit Hilfe der Alkalien im Dünndarme wieder gelöst hat, und lösliches Eiweiss, soweit es im Darmkanale vorhanden ist. Ausserdem können natürlich die weiter gebildeten löslichen Producte resorbirt werden und werden resorbirt. In wie weit dieselben nach der Resorption noch wieder die Eigenschaften von nativem Eiweiss annehmen oder gewebebildend und gewebeernährend auftreten, und in wie weit sie unmittelbar der weiteren Zersetzung anheimfallen, muss erst durch weitere Versuchsreihen ermittelt werden.

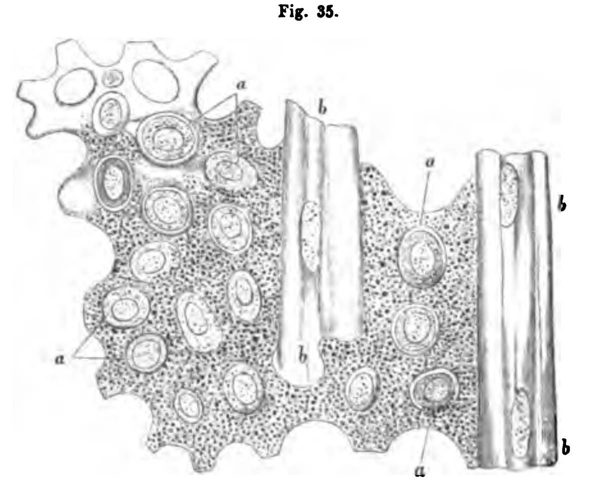
Eine weitere Frage ist: Wo wird resorbirt? Wir haben gesehen, dass im Dickdarme Flüssigkeit in bedeutender Menge resorbirt wird, Bauer hat nachgewiesen, dass nicht nur Flüssigkeit, sondern selbst gelöste Stoffe, ja selbst Eiweisskörper im Dickdarme resorbirt werden. Er spritzte in den Dickdarm sogenannte Peptonlösung, er spritzte in den Dickdarm auch eine Lösung von Eiweiss mit Kochsalz ein, bei Thieren, welche er vorher so weit hatte fasten lassen, dass die Harnstoffmenge, welche sie ausschieden, constant geworden war, und er fand, dass dann sogleich die Menge des Harnstoffes, welche sie binnen 24 Stunden ausschieden, nicht unbeträchtlich, um 6 und auch um 8 Gramm, zunahm. Daraus ging hervor, dass sie wirklich nicht nur Flüssigkeit, sondern auch Eiweiss resorbirt hatten. Czerny und Latschenberger fanden gleichfalls, dass lösliches Eiweiss im Dickdarm resorbirt wurde. Auch Stärkekleister kam zur Aufsaugung, offenbar nachdem er vorher durch das Secret der Schleimhaut in Dextrin und Zucker verwandelt worden war. In seltenen Fällen findet auch Fettresorption im Dickdarme statt, das

heisst, man hat Chylusgefässe, welche vom Dickdarme ausgingen, mit fetthaltigem Chylus gefüllt gesehen. In der Regel ist dies nicht der Fall, in der Regel kommt die ganze Fettresorption auf den Dünndarm. Das Fett von Emulsionen, welche Czerny und Latschenberger direct in den Dickdarm brachten, wurde theilweise resorbirt. Im Magen wird niemals Fett resorbirt, weil das Fett im Magen in der sauren Flüssigkeit nicht in Emulsion, nicht in resorptionsfähigen Zustand kommt, vielleicht auch noch aus andern Gründen. Sonst aber findet im Magen mitunter eine reichliche Resorption statt. Man findet manchmal, wenn man Thiere während der Verdauung tödtet, die Lymphgefässe auf der Oberfläche des Magens in ähnlicher Weise strotzend gefüllt, wie die Chylusgefässe, welche vom Dünndarme kommen, aber mit einer farblosen durchsichtigen Flüssigkeit. Es ist dies indessen nicht häufig; was hier resorbirt wird, ist unbekannt. Die Hauptresorption findet im Dünndarme statt, indem hier am reichlichsten die Verdauungsproducte aus allen drei Hauptgruppen der Nahrungsmittel resorbirt werden. Die Kanäle, durch welche dies geschieht, sind die Chylusgefässe. Früher, ehe man die Chylusgefässe kannte, glaubte man, dass die Blutgefässe des Darms die Nahrung resorbiren. Später, nachdem die Chylusgefässe entdeckt waren, nachdem man sie mit einer milchigen Flüssigkeit angefüllt gefunden hatte, schrieb man natürlich ihnen die Hauptthätigkeit bei der Resorption zu. Es wurde aber ein Versuch gemacht, welcher beweisen sollte, dass es doch eigentlich die Blutgefässe seien, welche resorbiren. Man brachte Blutlaugensalz in den Darm und untersuchte, ob man dies früher wiederfinde im Blute der Vena jugularis oder im Ductus thoracicus. Man fand es regelmässig früher in der Vena jugularis und schloss hieraus anfangs mit einem Scheine von Recht, dass es wesentlich die Blutgefässe seien, welche resorbiren. Dieser Schluss war unrichtig. Eine gelöste Substanz kann allerdings durch die Blutgefässe schneller verbreitet werden als durch die Chylusgefässe, denn das Blut kreist im Körper, es nimmt durch Diffusion, durch sogenannte Endosmose, im Darmkanal etwas von dem Blutlaugensalze auf und ist in sehr kurzer Zeit darauf in der Vena jugularis. Hier kann dieses Blutlaugensalz dann nachgewiesen werden, während das Blutlaugensalz, welches in die Chylusgefässe hineingeht, den langsamen Gang des Chylus verfolgt, bis es im Ductus thoracicus anlangt, einen Gang, welcher um so langsamer ist, je weniger das Thier gefüttert ist, je weniger es resorbirt. Aber nichts desto weniger geht der grosse Strom der ernährenden Flüssigkeiten nicht durch die Blutgefässe, sondern durch die Chylusgefässe. Die Blutgefässe sind ganz ungeeignet dazu, grössere Mengen von nährenden Substanzen aufzunehmen, denn die Blutgefässe können nur auf dem Wege der Diffusion aufnehmen. Sie werden mit Begierde Salze aufnehmen, welche in den Darmkanal hineingebracht werden, und welche nicht, oder doch nicht in ähnlicher Menge im Blute enthalten sind. Es wird auch Zucker auf dem Wege der Endosmose in die Blutgefässe aufgenommen, wenn auch nicht in verhältnissmässig grosser Menge. Aber Eiweisskörper befinden sich im Blute, und wenn sie sich auch ausserhalb der Gefässe befinden, so ist damit keine Anregung zu einem Diffusionsprocesse gegeben. Fette gehen gar nicht durch die Wandungen der Blutgefässe hindurch, werden von denselben gar nicht aufgenommen. Zudem findet in den Blutgefässen ein Druck statt, welcher

immer im Innern der Gefässe grösser ist als ausserhalb derselben, so dass im Ganzen keine Aufnahme von Material, sondern im Gegentheile eine Ausscheidung von Material stattfindet. Ganz anders verhält es sich mit den Chylusgefässen. Es geht ein beständiger Strom in die Chylusgefässe hinein und zum Ductus thoracicus hin, und wir werden sehen, dass dieser Strom nicht ein Diffusionsstrom ist, sondern dass dieser Strom eine Filtration ist und zwar eine Filtration durch ein Filtrum, dessen Poren weit genug sind, dass sogar ungelöste Körper, die kleinen Fettkügelchen des Chylus, hindurchgehen.

Wir haben uns jetzt näher mit den Wegen zu beschäftigen. Es ist zunächst für Jeden, der ein Thier in der Resorption untersucht, deutlich, dass die einzelnen Cylinderzellen sich vollständig mit Fett anfüllen. Dass Fettkörnchen in dieselben hineinkommen, das ist an sich nicht räthselhaft, weil sich an ihrer der Darmhöhle zugewendeten Seite keine Zellenmembran befindet, sondern nur das sogenannte Stäbchenorgan, welches dem Protoplasma direct aufsitzt. Welchen Weg die Fetttröpfchen durch das Stäbchenorgan hindurch nehmen, wissen wir bis jetzt nicht. Wir bemerken zwar ab und zu einzelne Fetttröpfchen innerhalb des Saumes, aber ohne genauer ihre Lage angeben zu können; die meisten Fetttröpfchen liegen im Protoplasma der Zelle. Von den Epithelzellen gehen sie über in das Stroma der Zotte. Offenbar muss die Epithelzelle, so wie sie oben eine Oeffnung hat, auch unten, da wo sie in die Zotte eingepflanzt ist, eine Oeffnung haben, durch welche die Fetttröpfchen wieder heraustreten können. Bisweilen sieht man auch hier eine Stelle, an welcher ein kleiner Zapfen von Protoplasma heraushängt. Man kennt jedoch dieses untere Ende der Zelle nicht so genau, wie das obere freie Ende derselben. Demnach füllt sich nun das ganze Zottengewebe mit Fetttröpfchen an, so dass die ganze Zotte im auffallenden Lichte weiss und im durchfallenden Lichte unter dem Mikroskope fast schwarz erscheint. Nach den Untersuchungen, die von Basch im hiesigen Laboratorium angestellt hat, besteht das Zottengewebe aus einem Gerüste, das rundliche Räume hat, in denen nackte, verhältnissmässig grosse runde Zellen (*a*, *a*, *a* Fig. 35) liegen, und dieses Gerüst, das von den Längsmuskelbündeln der Zotte (Fig. 35 *b b*) durchsetzt wird, hat offenbar Hohlräume: denn erstens lässt es sich mit löslichem Berlinerblau injiciren, und zweitens füllt es sich zur Zeit der Resorption ganz dicht mit Fetttröpfchen, wie dies Figur 35 zeigt.

Fig. 35.



Die schwarzen Punkte sind die Fetttropfen, dieselben waren in den Präparationen von v. Basch mittelst Ueberosmiumsäure schwarz gefärbt worden. Sie müssen natürlich sich ein solches Gerüst nicht hart und unnachgiebig vorstellen, denn die ganze Zotte ist ja weich, also muss auch dieses Gerüst verhältnissmässig weich und mit Flüssigkeit imbibirt sein.

Aus diesem Gerüste des Zottenparenchyms gelangt der Chylus in den inneren Zottenraum, welcher vom Zottenparenchym unmittelbar begrenzt wird. Insofern als der innere Zottenraum der erste gefässartige Raum ist, in welchen der Chylus hineingelangt, kann man ihn als den Anfang des Chylusgefässsystems betrachten. Es sind auch nach Injection mit Silberlösung Zeichnungen an seiner Begrenzung beobachtet worden, die als Grenzlinien von Endothelzellen gedeutet werden. Die eigentlichen Chylusgefässe aber mit selbstständigen Wandungen beginnen erst, wie wir später sehen werden, an der Grenze von Schleimhaut und submucösem Muskellager. Der innere Zottenraum geht nach unten über in eine Erweiterung, die sich namentlich dann sehr deutlich auszeichnet, wenn die Zotte sich schon zusammengezogen, und so diese untere Erweiterung mit Chylus gefüllt hat. Wenn die Muskelfasern der Darmzotte sich zusammenziehen, so runzelt sie sich der Quere nach und bekommt dadurch quere Einkerbungen, wie eine Oestruslarve. Man hat deshalb diesen Zustand das östruslarvenartige Aussehen der Zotte genannt. Dabei wird begreiflicher Weise der innere Zottenraum verkleinert und die Folge davon ist nun, dass sich der Chylus in dem weiteren Theile unter der Zotte anhäuft. Wenn sich dann die Zotte wieder ausdehnt und sich oben wieder mit Chylus füllt, so steht der dünnere obere Theil des Raumes, der innere Zottenraum im engeren Sinne des Wortes, wie ein Flaschenhals auf dem unteren erweiterten Theile. Deshalb ist dieser Theil von Nathanael Lieberkühn mit dem Namen der Ampulle belegt worden. Manche Autoren haben irrthümlich Lieberkühn's Ampulle an der Spitze der Zotte gesucht. Wenn man den Originaltext nachliest, so kann man nicht darüber im Zweifel sein, dass sie, wenigstens der Körper derselben, unter der Zotte liegt. Die Zotten sind aber keineswegs die einzigen Theile der Darmschleimhaut, welche sich mit Chylus füllen. Wenn ein Thier eine nicht zu grosse Menge von Fett resorbirt, so sieht man allerdings die Zotten wie weisse Härchen auf dem mehr durchscheinenden Grunde stehen; wenn aber ein Thier grosse Mengen von Fett resorbirt hat, so ist die ganze Schleimhaut weiss und undurchsichtig, und wenn die Blutgefässe der Zotten stark gefüllt sind, so kann es geschehen, dass man die Zotten als rothe Härchen auf weissem Grunde sieht. Wenn man eine solche Schleimhaut mit Glycerin oder mit einer concentrirten Lösung von Kalialbuminat, die man so weit neutralisirt hat, als es geschehen kann, ohne das Eiweiss auszufällen, durchsichtig macht: so findet man, dass das ganze Gewebe der Schleimhaut, welches zwischen den Lieberkühn'schen Krypten liegt, in ganz ähnlicher Weise, wie das Zottenparenchym, vollständig mit Fettkörnchen durchsetzt ist. Nur das Cylinderepithel der Lieberkühn'schen Krypten ist frei von Fett. Selbst die solitären Drüsen und, wenn die Fettresorption recht reichlich ist, auch die Peyer'schen Drüsen sind mit Fettkörnchen durchsetzt, die Sinus der letzteren oft strotzend mit milchweissem Chylus gefüllt. Im Zustande der

vollen und reichlichen Resorption ist also die ganze Schleimhaut gewissermassen ein Sumpf, der mit Chylus statt mit Wasser gefüllt ist, und aus dem die Chylusgefässe wie Ableitungsröhren den Chylus in die Gefässe des submucösen Bindegewebes, der sogenannten Tunica nervea der älteren Anatomen, und dann in die Gefässe des Mesenteriums hineinführen. Wenn man bei künstlichen Injectionen blind endigende oder netzartig verbundene Gefässe bekommt, so rührt dies begreiflicher Weise daher, dass die Injectionsmasse nur in gewisse, nur in die weiteren Räume eindringt. Wenn man das vollständige Resorptionsgebiet kennen lernen will, dann muss man die Thiere in der vollen Resorption untersuchen. Man muss die ersten Wege des Chylus in ihrer natürlichen Anfüllung untersuchen; nur dann erfährt man, welche Bahnen die Resorption geht, und dann sieht man, dass die ganzen interstitiellen Gewebsräume der Schleimhaut und ausserdem der ganze Epithelialüberzug der Zotten sich vollständig mit Chylus anfüllen.

Die räumliche Anordnung ist bei verschiedenen Thieren etwas abweichend vom Menschen. So findet sich da, wo breite Zotten sind, z. B. bei den Ratten, nicht ein Zottenraum, sondern mehrere. Dasselbe findet sich auch bei den Wiederkäuern, und Teichmann hat durch Injection netzförmig mit einander verbundene Chylusräume in den breiten Zotten des Hammels dargestellt. Diese sogenannten Endnetze der Chylusgefässe entsprechen, wie gesagt, dem inneren Zottenraume, und in dieselben gelangt gleichfalls der Chylus aus dem Parenchym der Zotten hinein. Der Unterschied zwischen beiden ist ein rein formeller, nämlich der, dass bei der cylindrischen Zotte nur ein centraler Raum, und bei diesen grossen, breiteren, platten mehrere Räume vorhanden sind, welche sich mit einander netzförmig verbinden. Aehnliche solche Endnetze hat Langer bei den Amphibien injicirt, wo sie sehr nahe unter der Oberfläche liegen, indem an den flachen Falten und blattförmigen Hervorragungen, welche hier vorkommen, die Parenchymschicht, welche zwischen diesen Anfängen des Chylusgefässsystems und zwischen dem Epithelium liegt, sehr dünn ist. Der feinere Bau ist aber allen Schleimhäuten gemeinsam, bei allen gelangt der Chylus zuerst in interstitielle Gewebsräume und aus diesen in die Chylusräume, wie sie genannt werden, wenn sie einfache Kanäle in der Mitte einer Cylinderzotte sind, oder in die Endnetze, wie man sie nennt, wenn die Zotten breiter, blattartig, faltenförmig und die Räume netzartig mit einander verbunden sind.

Die eigentlichen mit selbstständigen bindegewebigen Wandungen und einem Epithel versehenen Chylusgefässe tauchen als kleine klappenlose Röhren aus der Schleimhaut auf, im Dünndarm meistens indem sie direct mit einer Lieberkühn'schen Ampulle in Verbindung stehen. Im submucösen Bindegewebe bekommen sie nach kurzem Verlaufe, und nachdem sie einige Verbindungen mit einander eingegangen sind, Klappen. Sie verlaufen von jetzt an, sich in dendritischen Formen zusammensetzend, bei Menschen, Hunden, Wieseln und den Schweinen ganz selbstständig neben den Blutgefässen, und zwar die stärkeren so, dass immer Arterie und Vene von je einem Lymphgefässe begleitet werden, so dass immer zusammen vier Gefässe die Muskelhaut durchbohren und in das Mesenterium übertreten, eine Arterie, eine Vene und zwei Chylusgefässe. Bei den Kaninchen sind die Chylusgefässe in der ganzen Darmwand noch verhältnissmässig

breite, vielfach mit einander communicirende Bahnen. Darauf beruht der räthselhafte Anblick, welchen ein in der Resorption befindlicher Darm eines Kaninchens zeigt. Wenn Sie ein Kaninchen öffnen, das fettreichen Chylus resorbirt, so entsteht ein lebhafter Motus peristalticus, und während desselben scheint der Verlauf der Chylusgefässe in der Darmwand fortwährend zu wechseln. Das rührt daher, dass, so wie der Darm sich zusammenzieht, der Chylus in diesen grossen Chylusgefässen mit breitem Strombett und zahlreichen Communicationen hin- und hergeschoben wird, so dass an einer Stelle ein Gefäss auftaucht, an einer andern eines verschwindet. Bei andern Nagern, Ratten, Mäusen, finden sich Uebergänge von dieser Form zu der Form, wie sie beim Menschen und bei den reissenden Thieren vorkommt. Auch bei ihnen sind die Chylusgefässe in der Darmwand, so weit sie mir bekannt sind, klappenlos.

Die Bewegung des Chylus.

Welche sind nun die treibenden Kräfte, durch die die Resorption bewirkt wird? Wir haben gesehen, dass sich zunächst die Epithelzellen mit Fetttröpfchen anfüllen. Wenn eine nackte freilebende Zelle sich mit Fetttröpfchen anfüllt, so wissen wir, wie das geschieht. Wir wissen, dass sie Fortsätze ausstreckt, mit diesen das Fetttröpfchen umfasst und es in ihre Substanz hineinzieht. Hier wissen wir aber nicht, wie die Epithelzelle die Fettkörnchen aufnimmt, ob sie blos durch äusseren Druck in dieselbe hineingepresst werden, oder ob die einzelnen Stäbchen des Stäbchenorgans auf irgend eine Weise etwas zur Hineinbeförderung der Fettkörnchen in das Protoplasma beitragen. Wo soll denn überhaupt ein Druck herkommen, der den Strom des Chylus aus der Darmhöhle zunächst gegen den inneren Zottenraum hintreibt? Denken wir uns zuerst die Zotte zusammengezogen, ihre Muskulatur contrahirt und also den inneren Zottenraum entleert, und nun denken wir, dass die Zotte wieder erschlafft und dadurch ausgedehnt wird, dass das Blut in die in ein mantelförmiges Netz angeordneten Capillaren der Zotte einströmt. Ist der innere Zottenraum leer, so wird der Druck im Innern jetzt geringer sein als der Druck von aussen, und es wird also eine Tendenz der Flüssigkeit vorhanden sein, von aussen nach innen zu strömen. Wie gesagt, wir wissen nicht, ob dies das einzige Moment ist, durch welches ein Flüssigkeitsstrom in das Innere der Zotte hineingeführt werden kann. Ist nun der innere Zottenraum einmal gefüllt, so zieht sich die Zotte wieder zusammen und treibt dadurch natürlich ihren Inhalt gegen die Ampulle und gegen die Chylusgefässe hin aus. Wenn sich das submucöse Muskellager zusammenzieht, so wird dadurch der Druck nach innen vom submucösen Muskellager grösser als der Druck nach aussen von demselben ist. Man muss immer festhalten, dass in dem vielfach gewundenen und geknickten Darmrohr der Chymus nicht ohne Widerstand fortbewegt wird und gelegentlich auf Hindernisse stösst, wenn auch nur auf solche, welche er überwindet. Der Chylus, der einmal in der Schleimhaut ist, wird durch die offenen Wege, die ihm zu Gebote stehen, leicht in die Chylusgefässe des submucösen Bindegewebes abfliessen. Hier steht er aber, wenn sich die Muskelhaut des Darmes zusammenzieht, noch wiederum unter einem grösseren Druck als im Mesenterium, er wird also wieder

aus dem Theile der Chylusgefässe, der im Darm verläuft, hinausgetrieben werden, und in denjenigen Theil der Chylusgefässe, der im Mesenterium verläuft, übergehen. Es muss berücksichtigt werden, dass wegen der zahlreichen Klappen in den Chylusgefässen auch ein blos vorübergehender Druck niemals wirkungslos bleibt, weil der Chylus nur nach einer Richtung bewegt werden kann, der Rückgang ihm durch die Klappen verwehrt wird. Die Wirkung des Motus peristalticus ist zuerst von Rudolf Wagner direct beobachtet worden. Er spannte das Mesenterium junger lebender Thiere, welche Milch resorbirten, bei schwacher Vergrösserung unter dem Mikroskope auf. Er konnte nun in den Chylusgefässen den Strom des Chylus fliessen sehen, und er bemerkte, dass derselbe jedes Mal eine Beschleunigung erfuhr, wenn über das Darmstück eine Contractionswelle hinlief. Wenn der Chylus einmal in den Gefässen des Mesenteriums angelangt ist, so steht er lediglich unter dem Drucke, welcher in der Bauchhöhle herrscht. Dieser ist noch immer grösser als der Druck in der Brusthöhle, er steigert sich namentlich bei der Inspiration über denselben. Wir kommen hier wieder auf das zurück, was wir schon früher bei der Lymphe gesehen haben, darauf, dass durch die Respirationsbewegungen, durch die Contractionen des Zwerchfells die Lymphe und also auch der Chylus aus den Lymphgefässen, beziehungsweise aus den Chylusgefässen der Unterleibshöhle, in den Ductus thoracicus hinaufgepumpt wird. Wir kommen auch hier wieder auf die selbstständige Contractilität der Wandungen der Lymphgefässe zurück. Bis jetzt ist dieselbe nur von Heller am Meerschweinchen beobachtet worden, aber gerade hier an den Chylusgefässen des Mesenteriums. Er fand, dass dieselben sich periodisch, und zwar so lange das Thier noch einigermassen gut bei Kräften war, zehnmal in der Minute, später beim Absterben nur sechs bis viermal in der Minute zusammenzogen.

Umwandlung und Verbrauch der resorbirten Substanzen.

Welche sind die weiteren Schicksale der resorbirten Substanzen? Die Fette werden, wie wir gesehen haben, grösstentheils im unveränderten Zustande resorbirt, und es unterliegt keinem Zweifel, dass sie direct mit zur Ablagerung im Körper verwendet werden, andererseits aber, dass sie, wo Bedarf an Brennmaterial vorhanden ist, wo sich ein Zerfall einleitet, auch mit Leichtigkeit wieder zerfallen. Die Art und Weise, wie dies geschieht, ist nicht mit Sicherheit bekannt; wir wissen nur, dass ein Theil des Fettes nach der Resorption noch verseift wird, wir wissen es daraus, dass sich im Blute mehr Seifen befinden und weniger unzersetztes, nur emulgirtes Fett als im Chylus.

Von den Kohlehydraten werden die Producte ihrer sauren Gährung, unter denen Milchsäure wohl die Hauptmasse ausmacht, resorbirt, und man kann kaum zweifeln, dass die milchsauren Salze, die aus dem Darmkanale resorbirt werden, sich umwandeln in kohlensaure Salze, dass sie zu kohlensauren Salzen verbrannt werden. Damit hängt es auch zusammen, dass die Pflanzenfresser einen alkalischen oder wenigstens neutralen und von Phosphaten getrübten Urin haben, denn sie verlieren denselben und bekommen einen klaren und stark sauer reagirenden Urin wie die Fleischfresser, wenn man sie mit Fleisch füttert, oder wenn man sie hungern

lässt und sie dadurch hindert, auf Kosten von pflanzlichen Nahrungsmitteln zu respiriren, sie zwingt, auf Kosten der Substanz ihres eigenen Körpers zu leben. Ausserdem werden von den Kohlehydraten Zucker, wahrscheinlich auch Dextrin resorbirt, und hier herrscht nun eben ein Zweifel, ob der Zucker im Organismus oxydirt, verbrannt wird und in seine Endproducte Kohlensäure und Wasser zerfällt, oder ob der Zucker in Glycogen umgewandelt, als Glycogen in der Leber und in den Muskeln abgelagert wird, um dann vielleicht entweder secundär wieder in Zucker umgewandelt und verbrannt zu werden, oder in histogenetische Substanzen überzugehen, wie Pavy gemeint, und zum weiteren Aufbau des Organismus beizutragen.

Die Eiweisskörper werden, wie wir gesehen haben, theilweise resorbirt als Eiweisskörper, theilweise werden sie resorbirt in ihren Abkömmlingen, als sogenannte Peptone. Wir haben schon gesehen, dass wir von denselben sehr wenig wissen. Aber wir müssen jedenfalls unter ihnen solche unterscheiden, die den Eiweisskörpern noch näher stehen, und solche die bereits Producte einer tiefer greifenden Zersetzung sind, denn die Eiweissreactionen verschwinden nicht auf einmal, sondern eine nach der andern. Ein Verdauungsgemisch, das durch Neutralisiren und Kochen nicht mehr gefällt wird, kann noch gefällt werden durch Blutlaugensalz; später, wenn dieses keinen Niederschlag mehr hervorbringt, noch durch Alkohol; was durch Alkohol nicht mehr gefällt wird, kann sich noch roth färben mit Schwefelsäure und Zucker, und was sich mit Schwefelsäure und Zucker nicht mehr roth färbt, kann sich noch violett färben mit Kupferoxydlösung und Kali u. s. w. Nach den früher erwähnten Versuchen von Plósz und von Maly können die dem Eiweiss noch näherstehenden Producte im Körper noch als Baumaterial verwendet werden. Ob sie dabei zunächst ihre verlorenen Eiweissreactionen wieder erlangen, oder ob sie, so wie sie sind, den Gewebstheilen als Nahrungs- und Ersatzmaterial dienen, ist unbekannt. Die Producte der weiteren Veränderung sah man früher als Spaltungsproducte an, die sich nach der Resorption wieder zu Eiweiss zusammensetzen. Nun weiss man aber, dass vom Eiweiss eine Partie als Eiweiss, beziehungsweise als gelöstes Syntonin resorbirt wird, eine andere in wenig verändertem Zustande; man weiss ferner, dass man ein Thier nicht im Gleichgewichte erhalten kann, wenn man ihm nur so viel Eiweiss gibt, dass ihm damit so viel Stickstoff zugeführt wird, als es im Minimum mit dem Harn ausscheidet. Pettenkofer und Voit fanden, dass, wenn sie ein Thier hungern liessen, der Harnstoff herunterging auf eine constante Ziffer. Nun versuchten sie dem Thiere so viel Stickstoff in Gestalt von Eiweiss zuzuführen, als es täglich im Harne ausschied. Sie fanden aber, dass das Thier dabei der Inanition entgegenging, indem es jetzt mehr Stickstoff ausschied, als der eingeführten Eiweissmenge entsprach. Sie mussten mit der Fütterung auf eine Eiweissmenge steigen, die das $2\frac{1}{2}$fache an Stickstoff enthielt von dem Stickstoffminimum, welches das Thier beim Hungern ausschied; erst dann gelang es, dasselbe vor dem Verhungern zu schützen, es im Gleichgewichte zu erhalten. Durch diese Thatsachen wird die ganze Theorie von der Reconstruction der Eiweisskörper unnöthig. Wenn wir annehmen, dass das Thier 40% von den Eiweisskörpern, welche ihm gegeben wurden, im wenig oder nicht veränderten

Zustande resorbirte, so konnte es diese benützen, um seinen Körper im Gleichgewichte zu erhalten; es blieben dann noch 60% von dem dargereichten Futter, welche in secundäre und tertiäre Producte umgewandelt oder als Rückstand in den Faeces geblieben sein konnten. Vom chemischen Standpunkte aus ist eine Reconstruction der Eiweisskörper im Organismus ziemlich unwahrscheinlich. Es ist viel wahrscheinlicher, dass die schon eingreifend veränderten Peptone weiter zersetzt werden, in jene Zwischenproducte zerfallen, welche zwischen den ersten Abkömmlingen der Eiweisskörper und den letzten liegen. Diese weiteren Producte haben wir theils schon kennen gelernt, theils werden wir sie noch kennen lernen. Wir haben sie kennen gelernt als die stickstoffhaltigen Bestandtheile der Galle, wir haben sie kennen gelernt als Kreatin, Leucin und Tyrosin, wir werden sie weiter noch kennen lernen als sogenanntes Sarkin oder Hypoxanthin, und dann endlich als eigentliche Harnbestandtheile, als Xanthin, Harnsäure, Hippursäure, Kreatinin und Harnstoff. Vom Leucin und vom Glycocoll haben Schulzen und Nencki direct nachgewiesen, dass sie, wenn sie genossen werden, nicht als solche in den Harn übergehen, aber die Menge des Harnstoffes vermehren, so dass also ihr Stickstoff in Gestalt von Harnstoff austritt. Der vollständigste Zerfall der organischen Substanzen ist natürlich der in Kohlensäure, Wasser und Stickgas. Ob Stickgas aber überhaupt ausgeschieden wird, das ist, wie wir später sehen werden, noch zweifelhaft. Selbst das nächsteinfachste Product, das Ammoniak, wird nur in verhältnissmässig geringer Menge im Körper gebildet. Es befindet sich davon immer eine kleine Menge im Blute, welche man nachweisen kann, wenn man frisches Blut in einem Gefässe luftdicht verschliesst und an dem Deckel desselben eine Porzellanscherbe anbringt, welche man mit verdünnter Weinsäure oder Schwefelsäure angestrichen hat, und nach einer oder mehreren Stunden diese Scherbe mit dem Nessler'schen Reagens untersucht. Man findet dann, wie wir später sehen werden, immer Ammoniak, und auch im Harn findet es sich normaler Weise aber in verhältnissmässig geringer Menge.

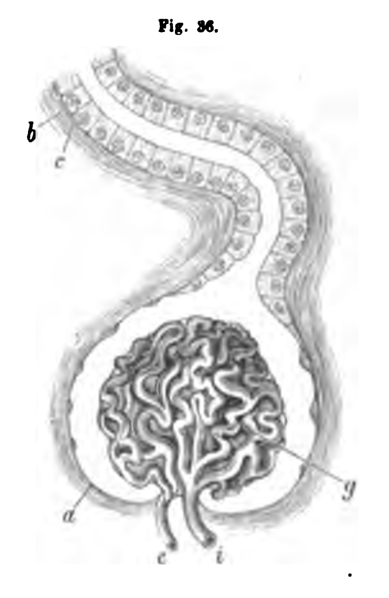
Die Harnabsonderung.

Der Bau der Niere.

Die Anatomie der Nieren im Grossen und Ganzen ist Ihnen bekannt, wir wollen deshalb hier nur näher auf denjenigen Apparat eingehen, welcher speciell der Ausscheidung des Harns dient. Bekanntlich besteht noch beim neugebornen Kinde die ganze Niere aus einzelnen, durch Bindegewebe zusammengehaltenen Abtheilungen, den sogenannten Renculis. In jeder dieser Abtheilungen liegt wieder eine sehr zahlreiche Menge von, ich möchte sagen, Elementarnieren, von kleinen Apparaten. welche der Harnabsonderung dienen. Diese Apparate sind die Malpighischen Körperchen der Nieren. Jedes dieser Malpighi'schen Körperchen besteht aus einem Wundernetze eines Astes der Arteria renalis, aus welchem das Material für die Harnabsonderung herstammt, und aus

einer Kapsel, welche den abgesonderten Harn zunächst aufnimmt und ihn in die Harnkanäle überleitet. Das Wundernetz, hier (Fig. 36 *g*) Glomerulus genannt, wird so gebildet, dass ein kleiner Ast (Fig. 36 *i*) der Arteria renalis in eine grosse Menge von kleineren Aesten zerfällt, welche wiederum in Windungen aufgeknäult sind, und deren Blut sich wieder sammelt in eine kleine Arterie (Fig. 36 *e*), welche aus dem Wundernetz austritt und zwar nicht an der entgegengesetzten, sondern an derselben Seite mit der einführenden Arterie. Es sind auch nicht alle Gefässe des Glomerulus von gleichem Kaliber. Schon Bowman, dem wir die erste richtige Anschauung über die menschliche Niere verdanken, wusste dass ein grösseres Gefäss direct aus der Arteria inferens in die Arteria efferens übergeht. Der Glomerulus ist eingeschlossen in eine Kapsel, und diese geht durch einen etwas verengten Hals direct in den Anfang eines Harnkanals über. Es ist darüber gestritten worden, ob der Glomerulus nackt in der Kapsel liege, oder ob er in die Kapsel hineingestülpt sei in ähnlicher Weise, wie man sich zur Erleichterung der anatomischen Beschreibung das Herz in den Herzbeutel hineingestülpt denkt. Die Sache ist folgende: Es liegt einerseits der Glomerulus nicht vollständig nackt in der Kapsel, andererseits hat er aber auch keinen Ueberzug, der an Dicke und Haltbarkeit zu vergleichen wäre mit der äusseren Wand der Kapsel. Er hat einen Ueberzug von einer Epithelialmembran, die aber so zart ist, dass man sie nur an einigen Stellen zu Gesichte bekommt. Wenn man ein gut injicirtes Präparat gefärbt hat und nun zufällig eine Stelle zur Ansicht bekommt, wo zwei Gefässschlingen nebeneinander liegen, da sieht man dann von dem convexen Bogen der einen Gefässschlinge zum convexen Bogen der andern einen Contur herübergehen und auch allenfalls einen gefärbten Kern in diesem Contur liegen. Die äussere Wand der Kapsel (Fig. 36 *a*) geht, wie gesagt, direct über in die Membrana propria des Harnkanälchens (Fig. 36 *b*). Sie hat anfangs auch ein ganz niedriges Epithel, ein Pflasterepithel, dessen Kerne nur wenig prominiren, gegen den Hals der Kapsel werden die Epithelzellen höher und im Beginn des Harnkanals geht das Epithel in ein cubisches (Fig. 36 *c*) über. Der Harnkanal macht zahlreiche Windungen und stellt auf diese Weise einen Tubulus contortus dar. Dann verdünnt er sich und steigt in die Marksubstanz in Gestalt einer steilen Schleife herab, steigt dann wieder herauf mit einem etwas dickeren Schenkel, macht dann wieder mehrere Windungen und mündet nun einzeln oder mit andern zusammen in eine sogenannte Sammelröhre (Fig. 37 *c*), in einen Tubulus rectus ein. Dies absteigende Stück (Fig. 37 *s s*) bezeichnet man mit dem Namen der

Fig. 36.



Henle'schen Schleife, weil Henle darauf aufmerksam gemacht hat, dass das Epithel in ihnen wesentlich verschieden ist von dem Epithel in den Tubulis contortis und auch in den Tubulis rectis, indem, wie der Kanal sich verdünnt, auch das Epithel sich verdünnt, sich erniedrigt, zu einem Pflasterepithel wird. In Folge dieser Veränderung des Epitheliums hielt man diese Henle'schen Schleifen zuerst für ein anderes System von Röhren. Ludwig hat aber nachgewiesen, dass die Schleife an beiden Enden mit den Harnkanälchen im Zusammenhange ist und nur ein in die Marksubstanz herabsteigendes Stück des Harnkanälchens darstellt.

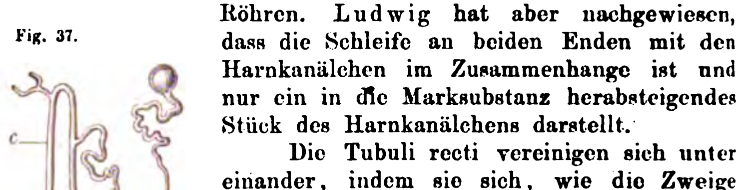


Fig. 37.



Die Tubuli recti vereinigen sich unter einander, indem sie sich, wie die Zweige einer Pyramidenpappel in spitzen Winkeln zusammensetzen. So wird zuletzt ein Gang gebildet, der neben anderen auf der Papilla renalis ausmündet (s. Fig. 37 *m*). Das Epithelium wird mit der Erweiterung der Röhren höher, so dass es in den Sammelröhren ein entschiedenes Cylinderepithelium ist. Es bleibt aber immer einschichtig.

Eine zusammengesetzte Sammelröhre mit allen ihren Tubulis contortis und den Malpighi'schen Kapseln, welche daran hängen, bilden zusammen eine Ferrein'sche Pyramide. Die ganze Summe von solchen Ferrein'schen Pyramiden, welche ein und demselben Nierenkelche angehört, bildet eine Malpighi'sche Pyramide. Diese sind an ihrem inneren Ende, wo sie in die Calices renum hineinragen, vollständig von einander geschieden, an ihrem äussern Ende aber, in der Corticalsubstanz confluiren sie, indem hier die Tubuli contorti der nebeneinander liegenden Malpighi'schen Pyramiden sich direct einander berühren und nur im kindlichen Alter noch deutlich von einander getrennt sind.

Die Malpighi'schen Körperchen und die Tubuli contorti sind nicht beschränkt auf die Corticalsubstanz, sondern sie liegen auch zwischen den einzelnen Malpighi'schen Pyramiden, und man kann sie hier bis zu einer ziemlichen Tiefe in die Marksubstanz hinein verfolgen. Diese von Tubulis contortis und Malpighi'schen Körperchen gebildeten Zwischenstücke heissen Columnae Bertini. Sie bilden thatsächlich keine Säulen, sondern vielmehr ein Fachwerk, in dem die Pyramiden stecken, aber sie haben ihren Namen erhalten, weil sie auf Durchschnitten, die in der Richtung der Sammelröhren gemacht sind, wie Säulen, die zwischen den einzelnen Malpighi'schen Pyramiden stehen, erscheinen.

Das Vas efferens, welches aus dem Malpighi'schen Körperchen herauskommt, die kleine Arterie, geht zunächst über in ein Capillarnetz, welches die Harnkanälchen umspinnt, und aus welchem die Venen wieder hervorgehen, von denen der grösste Theil gestreckt in der Marksubstanz zwischen den Tubulis rectis und den Henle'schen Schlingen liegt. Bei manchen Säugethieren, z. B. beim Kaninchen, gehen alle Endäste der Arteria renalis, welche sich nicht in der Kapsel der Niere verzweigen, in ein Malpighi'sches Körperchen über, so dass, wenn man eine solche Niere mit einer Masse injicirt, welche nicht fein genug ist, das Malpighi'sche Wundernetz zu passiren, gar keine Injectionsmasse in die Marksubstanz hineingelangt. Wenn man den zu injicirenden Farbstoff unter Leim mischt und damit injicirt, so kann man oft sehen, dass die Injectionsmasse im Malpighi'schen Körperchen liegen bleibt, der Leim aber durch das Vas efferens noch weiter in die Capillaren vorgedrungen ist. Beim Menschen ist es nach den Untersuchungen von Virchow etwas anders, hier gehen ausser den Endästen, welche in die Malpighischen Körperchen auslaufen, andere in die Marksubstanz, bilden hier langmaschige Capillaren, welche zwischen den Henle'schen Schlingen und den Tubulis rectis liegen, und deren Blut sich in kleineren Venen sammelt, aus welchen es in grössere und endlich in den Stamm der Vena renalis übergeht.

Ueber die Mechanik der Harnsecretion will ich vorläufig nur bemerken, dass die Malpighi'schen Körperchen die Apparate sind, in welchen der Harn abfiltrirt wird, und dass er dann durch die Tubuli contorti in die Henle'schen Schlingen, dann in die Sammelröhren und endlich in das Nierenbecken hineingeleitet wird. Wir werden später noch auf die Mechanik der Harnsecretion zurückkommen. Wir können dies aber erst thun, wenn wir die Bestandtheile des Harns näher kennen gelernt haben.

Das Nierenbecken ist nicht mehr ausgekleidet mit einem Cylinderepithel, sondern mit einem geschichteten Pflasterepithel, dessen Formen ziemlich unregelmässig sind. Dieses selbe Pflasterepithel, regelmässiger werdend, setzt sich durch den Ureter und durch die Harnblase, beim Weibe auch durch die Urethra fort. Beim Manne dagegen tritt in der Harnröhre ein Cylinderepithel auf, das bis zur Fossa navicularis reicht und hier wiederum einem Pflasterepithel Platz macht. Im Nierenbecken liegen unter der Schleimhaut organische Muskelfasern, welche dem Ureter eine vollständige röhrige Hülle geben und mit der reichlichen Muskulatur der Harnblase in Verbindung stehen.

Der Harn.

Der Harn ist eine gelb gefärbte, in normalem Zustande klare, sauer reagirende Flüssigkeit. Seine Farbe wechselt von einem ganz blassen Strohgelb bis zum tiefen Roth oder Rothbraun. Aber bei Weitem nicht immer, ja man kann wohl sagen, in der Mehrzahl der Fälle rührt die tiefere Färbung nicht her von einem Auftreten neuer Farbstoffe, sondern von einer ungewöhnlichen Concentration des Harnes, oder doch ungewöhnlichen Mengen von Farbstoff, welche darin enthalten sind. Denn ein jeder Urin zeigt sehr verschiedene Farben, je nach der Dicke der Schichte, in welcher man ihn ansieht. Man kann von concentrirtem

Urin, wenn man ihn in dünneren Schichten ansieht, das Strohgelb haben, welches sonst nur verdünnter Urin zeigt, und man kann, wenn man die Schicht hinreichend dick macht, auch mit verdünnterem Urin ein tiefes Rothbraun erhalten. Es beruht dies darauf, dass die kurzwelligen Strahlen vorzugsweise absorbirt werden, in Folge davon die Farbe des rothen Endes des Spectrums immer mehr hervortritt, und die Farbe zugleich immer dunkler wird. Das specifische Gewicht hält sich zwischen 1,005 und 1,03.

Der Harnstoff.

Von den organischen Bestandtheilen des Harns interessirt uns zunächst der Harnstoff. Wir stellen ihn deshalb an die Spitze, weil er die grösste Masse der organischen Bestandtheile des Harns ausmacht und durch ihn die Hauptmasse des Stickstoffs aus dem Körper herausgeführt wird.

Der Harnstoff wird auf dem einfachsten Wege aus dem Harne erhalten, indem man denselben abdampft, den Rückstand mit Alkohol auszieht, den Alkohol wiederum abdestillirt und den Rückstand hinstellt. Dann wird derselbe bald krystallinisch, wenn er nicht schon gleich nach dem Abdampfen krystallinisch gewesen ist, und wenn man ihn in Fliesspapier einwickelt, so zieht sich die Unreinigkeit, die demselben anhaftet, in das Fliesspapier hinein. Durch Wiederholen dieser letzteren Operation wird er immer mehr gereinigt und endlich kann man ihn noch durch Auflösen und Umkrystallisiren aus Alkohol weiter reinigen. Ich führe dieses Verfahren deshalb an, weil es das einfachste und mit dem geringsten Aufwande von chemischen Hülfsmitteln durchzuführen ist.

Der Harnstoff besteht aus $CH_4 N_2 O$, er ist sehr leicht löslich im Wasser und verbraucht bei seiner Auflösung eine bedeutende Menge von Wärme, so dass er in ähnlicher Weise wie Kochsalz zu Kältemischungen verwendet werden könnte. Er ist löslich im Alkohol und zwar im heissen bei Weitem leichter als in kaltem, weshalb er mittelst Alkohol unter nur mässigem Verluste umkrystallisirt werden kann. Er ist unlöslich im Aether. Er geht Verbindungen ein mit Metallsalzen, er geht auch Verbindungen ein mit Säuren. Unter diesen Verbindungen mit Säuren sind zwei schwer löslich, und diese können deshalb zu seiner Reindarstellung mit Vortheil angewendet werden. Die eine dieser Verbindungen ist die Verbindung mit Salpetersäure, die man erhält, wenn man zu einer einigermassen concentrirten Harnstofflösung oder zu dem Rückstande von dem alkoholischen Harnauszuge Salpetersäure hinzusetzt, welche man vorher ausgekocht hat, um sie von der salpetrigen Säure zu befreien. Man erhält dann schöne Krystalle, welche rhombische Tafeln darstellen. In ähnlicher Weise kann man durch Vermischen einer concentrirten wässerigen Harnstofflösung mit einer concentrirten Lösung von Oxalsäure Krystalle von oxalsaurem Harnstoff erhalten. Der oxalsaure Harnstoff ist im Alkohol schwer löslich, weshalb man ihn nur in kleinen Krystallen erhält, wenn man eine alkoholische Lösung von Oxalsäure und eine alkoholische Lösung von Harnstoff mischt.

Der Harnstoff kann auch künstlich dargestellt werden. Die vortheilhafteste Methode ist die älteste von Wöhler und Liebig ange-

gebene. Man mischt Blutlaugensalz, Braunstein und kohlensaures Kali mit einander. Braunstein hat den Zweck, mit dem Cyan des Cyaneisenkaliums Cyansäure zu bilden. Die Pottasche, welche man hinzufügt, hat den Zweck, die gebildete Cyansäure an Kali zu binden und auf diese Weise die ganze gebildete Cyansäure in cyansaures Kali überzuführen. Man erhitzt, um die möglichst grösste Ausbeute zu haben, so lange, bis die anfangs pulverförmige trockene Masse anfängt zusammenzubacken: dann bringt man die Masse vom Feuer weg, lässt sie erkalten und übergiesst die harte schlackenartige Schmelze, welche man zuvor in Stücke zerschlägt, mit einer concentrirten Lösung von schwefelsaurem Ammoniak. Die Schwefelsäure verbindet sich mit dem Kali zu schwefelsaurem Kali und das Ammoniak mit der Cyansäure zu cyansaurem Ammoniak. Das schwefelsaure Kali krystallisirt zum Theile als Haarsalz an der Oberfläche der Schmelze heraus. Man filtrirt davon ab, dampft das Filtrat ab und zieht den Rückstand mit Alkohol aus. Das schwefelsaure Kali, welches im Alkohol unlöslich ist, bleibt zurück. Beim Abdampfen hat sich das cyansaure Ammoniak in Harnstoff umgesetzt. Denn das cyansaure Ammoniak $\left(\begin{matrix} CN \\ NH_4 \end{matrix}\right\} O\Big)$ ist mit dem Harnstoff isomer und erhält sich beim Abdampfen nicht in wässeriger Lösung, sondern setzt sich stets in Harnstoff um. Beim Erkalten der concentrirten alkoholischen Lösung krystallisirt der Harnstoff in grossen wasserhellen Nadeln, Prismen mit quadratischem Querschnitt und oktaëdrischen Endflächen, heraus. So lautet die ursprünglich von Wöhler gegebene Erklärung dieses Processes. Man fasst ihn in neuerer Zeit etwas anders auf. Man nimmt an, dass sich von vornherein nicht wahres cyansaures Kali, sondern ein mit demselben isomerer Körper, Kaliumpseudocyanat, bildet, und dann bei der Zersetzung mittelst schwefelsauren Ammoniaks sofort Harnstoff.

Man wendet dieses Verfahren immer an, wenn man sich Harnstoff zu chemischen und zu physiologischen Zwecken verschaffen will, weil man ihn so leichter und wohlfeiler als aus dem Harne darstellen kann. Die Entdeckung der Synthese des Harnstoffs durch Wöhler hat seiner Zeit mit Recht das grösste Aufsehen gemacht, weil es das erste und gerade ein so wichtiges Product des Thierkörpers war, welches man künstlich im Laboratorium aus verhältnissmässig einfachen chemischen Verbindungen aufbauen lernte. Seitdem ist der Harnstoff auf verschiedene Weise künstlich dargestellt worden; so aus Cyanamid, indem dasselbe, wenn man ihm in wässeriger Lösung etwas Salpetersäure zusetzt, sein Wasser wieder aufnimmt, wieder zu cyansaurem Ammoniak und demnächst zu Harnstoff wird. Endlich wurde er von Natanson aus kohlensaurem Aethyl und Ammoniak dargestellt. Es hat diese Darstellung deshalb eine besondere Wichtigkeit und ein besonderes Interesse gewonnen, weil schon früher Dumas den Harnstoff als Carbamid, als das Amid der Kohlensäure bezeichnet hatte, indem, wenn man aus dem normalen kohlensauren Ammoniak $\left(\begin{matrix} CO \\ NH_4 \\ NH_4 \end{matrix}\right\} O_2\Big)$ zwei Atome Wasser wegnimmt, also auf diese Weise das Amid erzeugt, man die Formel des Harnstoffs bekommt, und andererseits der Harnstoff unter den verschiedensten Einflüssen immer zerfällt in Kohlensäure und

Ammoniak. Er zerfällt in Kohlensäure und Ammoniak beim Erhitzen mit Säuren, ferner an und für sich schon bei hoher Temperatur, dann bei der Fäulniss u. s. w. Hier hatte nun Natanson wirklich den Harnstoff als Carbamid, als Amid der Kohlensäure dargestellt.

Der Harnstoff ist kein Product der Nieren, sondern ein Product des gesammten Stoffwechsels. Er ist im ganzen Körper verbreitet, in allen thierischen Flüssigkeiten, im Blute, im Speichel u. s. w. Nur häuft er sich aus Gründen, welche wir später kennen lernen werden, im Harne in viel grösserer Menge an, als in irgend einer andern thierischen Flüssigkeit.

Dass er ein Product des allgemeinen Stoffwechsels sei, ist in Zweifel gezogen worden; er könnte ja auch in den Nieren bereitet und von den Nieren aus diffundirt werden u. s. w. Aber schon vor einer langen Reihe von Jahren haben Strahl und Lieberkühn nachgewiesen, dass, wenn man Thieren die Nieren ausschneidet, dadurch nicht die Menge des Harnstoffs im Blute abnimmt, was doch der Fall sein müsste, wenn die Niere den Harnstoff bereitete, sondern dass durch die Nephrotomie der Harnstoff im Blute zunimmt, und dies ist in neuerer Zeit durch die Untersuchungen von Gréhant auf das Vollständigste bestätigt worden.

Um den Harnstoff quantitativ zu bestimmen, ist eine Reihe von Methoden angegeben. Die älteste bestand darin, dass man den Harn abdampfte, mit Alkohol auszog, den alkoholischen Auszug bis zur Syrupconsistenz abdampfte und dann mit Salpetersäure, welche man vorher, um sie von salpetriger Säure zu befreien, ausgekocht hatte, übergoss. Dann bildet sich salpetersaurer Harnstoff, der in überschüssiger Salpetersäure schwer löslich ist und abgepresst und gewogen wird.

Später hat man es vortheilhafter gefunden, den Harnstoff aus seinen Zersetzungsproducten zu bestimmen. Der Harnstoff zerfällt in Kohlensäure und Ammoniak. Hierauf beruht die Methode von Bunsen. Er versetzt den zu untersuchenden Harn in bestimmter Menge mit einer Lösung von Chlorbarium, der eine kleine Menge von Ammoniak zugesetzt ist, und schüttelt durch, lässt absetzen und filtrirt. Von dem Filtrate wird eine bestimmte Quantität, etwa 30 bis 40 Cubikcentimeter, in eine starke Glasröhre hineingegossen, in welcher sich eine kleine Quantität von festem Chlorbarium befindet. Dann wird das obere Ende der Glasröhre, das man sorgfältig vor Benetzung geschützt hat, an der Lampe zugeschmolzen, und nun die Glasröhre längere Zeit auf 220° bis 240° erhitzt. Der Harnstoff zerlegt sich in Kohlensäure und Ammoniak, die Kohlensäure verbindet sich mit Barium zu kohlensaurem Baryt, welcher hinterher abfiltrirt und gewogen wird. Diese Methode gilt für sehr genau und ist es auch sicher, in so fern nicht vielleicht eine oder die andere Substanz in der Hitze gleichfalls zersetzt wird und Kohlensäure liefert, welche sich ebenso wie die Kohlensäure des Harnstoffs mit dem Baryt verbindet.

Eine andere Methode ist gleichzeitig und unabhängig von Ragsky und von Heintz vorgeschlagen und ausgeführt worden. Bei ihr wird die Zersetzung durch Schwefelsäure vorgenommen, und die Menge des Ammoniaks bestimmt, welche sich aus dem Harnstoffe bildet. Es werden zwei gleiche Volumina Harn genommen, und aus der einen wird die

Summe des Kali und des Ammoniaks bestimmt, welche darin enthalten ist, indem man auf dem gewöhnlichen Wege, wie es sonst bei Ammoniak- und Kalibestimmungen zu geschehen pflegt, Chlorplatinkalium und Chlorplatinammonium bildet, diese hinterher glüht und das Platin wägt. Die andere Menge von Harn wird mit Schwefelsäure gemengt und dann erwärmt. Der Harnstoff zersetzt sich, die Kohlensäure geht fort und das gebildete Ammoniak verbindet sich mit der Schwefelsäure. Man bestimmt nun wieder in dieser Portion Harn die Gesammtmenge des Kali und des Ammoniaks, ebenfalls wieder mittelst Platinchlorid als Chlorplatinkalium und Chlorplatinammonium, glüht wieder, wägt die Menge des Platins, zieht von derselben die Menge des Platins ab, welche in der ersten Portion gefunden worden ist, und rechnet nun den Rest des Platins zurück in Chlorplatinammonium, und aus dem Ammoniak berechnet man dann wieder die Menge des Harnstoffs, welche nöthig war, um diese Menge von Ammoniak zu geben.

Beide Methoden, sowohl die von Bunsen als die von Ragsky und von Heintz, verlangen eine gewisse Geschicklichkeit in chemischen Arbeiten und gewisse Einrichtungen. Um mit möglichst wenig Apparat in kurzem Wege die Menge des Harnstoffs auch ohne Wage bestimmen zu können, hat Liebig eine andere Methode angegeben. Eine Harnstofflösung wird gefällt durch eine Lösung von salpetersaurem Quecksilberoxyd. Es bildet sich dabei ein im Wasser ganz unlöslicher Niederschlag, welcher auf ein Atom Harnstoff 2 Atome Quecksilberoxyd enthält. Hierauf beruht die Methode Liebig's. Er nahm seine Harnstoffbestimmungen ursprünglich auf folgende Weise vor: Es werden zu 40 Cubikcentimeter Harn 20 Cubikcentimeter einer Lösung gesetzt, die man erhalten hat, indem man zwei Volumina Barytwasser mit einem Volum einer concentrirten Lösung von salpetersaurem Baryt versetzte. Es entsteht ein Niederschlag von schwefelsaurem und phosphorsaurem Baryt, von welchem man abfiltrirt. Zu dem Filtrate wird nun so viel Salpetersäure hinzugesetzt, dass es schwach sauer reagirt. Dann wird eine filtrirte Lösung von salpetersaurem Quecksilberoxyd aus einer Quetschhahnbürette zugelassen. Es entsteht ein Niederschlag, der anfangs wieder verschwindet. Letzteres rührt daher, dass Chloride im Harne sind, dass das Chlor mit dem Quecksilber Sublimat bildet, und der Niederschlag sich dadurch wiederum auflöst. Man setzt in kleinen Portionen weiter zu und kommt endlich an eine Grenze, wo zuerst eine schwache Trübung entsteht, wo der Niederschlag sich nicht mehr auflöst; jetzt liest man die Quetschhahnbürette ab. Man setzt nun weiter in kleinen Mengen zu. Indem man dazwischen mit einer Lösung von kohlensaurem Natron neutralisirt, entsteht bei dieser Probe anfangs immer ein weisser Niederschlag, später aber tritt ein Zeitpunkt ein, wo plötzlich der Niederschlag gelb wird von basisch salpetersaurem Quecksilberoxyd. Das ist die sogenannte Endreaction, das heisst, das ist das Zeichen, dass das, was jetzt gefällt wird, nicht mehr unsere Verbindung von Harnstoff und salpetersaurem Quecksilberoxyd ist. Um den Zeitpunkt, wo diese Endreaction eintritt, genauer zu finden, als es beim Neutralisiren der ganzen Flüssigkeit möglich ist, nimmt man von Zeit zu Zeit mit einem Glasstabe einen Tropfen heraus, setzt ihn auf eine Glasplatte, lässt einen Tropfen einer Lösung von kohlensaurem Natron hinzufliessen und beobachtet, ob der entstehende Nieder-

schlag weiss oder gelb ist. Sobald die Endreaction sich zeigt, liest man wiederum die Quetschhahnbürette ab. Man weiss, wie viel Quecksilberlösung man verbraucht hat, man weiss, dass auf 2 Atome Quecksilberoxyd 1 Atom Harnstoff kommt, und kann also auf diese Weise die Menge des Harnstoffs berechnen. Später hat man es besser gefunden, aus der durch Baryt von der Phosphorsäure befreiten Lösung, nachdem sie angesäuert worden ist, mit einer Lösung von salpetersaurem Silberoxyd das Chlor herauszufällen und erst dann die Bestimmung mittelst der titrirten Quecksilberlösung vorzunehmen. Um möglichst wenig Rechnung zu haben, stellt man den Titer der Quecksilberlösung so, dass im Liter 71,48 Gramme Quecksilber enthalten sind; dann fällt jeder Cubikcentimeter derselben 0,01 Gramm Harnstoff.

Eine fünfte Methode, den Harnstoff zu bestimmen, hat endlich Millon angegeben. Diese Methode ist in neuerer Zeit von Gréhant vervollkommnet worden. Bei diesem Verfahren wirken Harnstoff und salpetrige Säure bei gleichzeitiger Gegenwart von Salpetersäure auf einander. In Folge davon tritt eine Zersetzung ein, bei der gleiche Volumina von Kohlensäure und von Stickgas entwickelt werden. Aus diesen wird die Menge des Harnstoffs bestimmt.

Millon lässt eine kleine Quantität Quecksilber auf eine überschüssige Menge von Salpetersäure einwirken. Es bildet sich dabei salpetrige Säure, welche sich in der Salpetersäure auflöst, und dies ist das Reagens, welches er anwendet. Dieses selbe Reagens wendet auch Gréhant an, er hat aber den äusseren Apparat vervollständigt, die Mittel, durch welche er das gebildete Gas, die Kohlensäure und das Stickgas, aufsammelt. Er fügt zu einer in einem hufeisenförmig umgebogenen Glasrohre enthaltenen gemessenen Quantität Harn eine kleine Menge von Salpetersäure hinzu. Das Rohr ist an der einen Seite durch einen Glashahn geschlossen, an der andern Seite steht es mit einer Quecksilberluftpumpe in Verbindung. Mittelst dieser pumpt er aus, erwärmt die Flüssigkeit in der Röhre mittelst eines Wasserbades und pumpt wieder aus, um so alle Gase zu entfernen. Nachdem er dies gethan und das Wasserbad entfernt hat, lässt er durch den Glashahn das Millon'sche Reagens hinzutreten, erwärmt die Flüssigkeit von neuem mittelst des Wasserbades und führt die sich entwickelnden Gase mittelst der Quecksilberluftpumpe in einen Recipienten über. Er absorbirt jetzt das Stickstoffoxyd, welches immer mit entweicht, durch eine Lösung von Eisenvitriol, absorbirt die gebildete Kohlensäure durch Kali, und der Rest ist Stickstoff. Das Verfahren ist bis jetzt erst bei einer grösseren Arbeit benützt worden, bei einer Arbeit von Gréhant über die Menge des Harnstoffs im Blute bei nephrotomirten Thieren und bei nicht nephrotomirten Thieren. Bei diesen Versuchen zeigte es sich, dass durch die Nephrotomie die Menge des Harnstoffs im Blute nicht abnehme, sondern zunehme, was beweist, dass der Harnstoff nicht durch die Nieren gebildet, sondern nur durch die Nieren ausgeschieden wird.

Die Bunsen'sche Methode ist auch noch wenig benützt worden, sie ist, so viel man bis jetzt beurtheilen kann, gewiss eine der genauesten, aber sie verlangt die Kenntnisse und die Geschicklichkeit eines Chemikers, überdies einigen Apparat und sorgfältige Arbeit.

Am meisten Erfahrung hat man über die Liebig'sche Methode, weil sie am bequemsten ist. Die Untersuchungen von Schenk haben aber gezeigt, dass die Liebig'sche Methode zu hohe Zahlen gibt, weil noch andere Substanzen als Harnstoff gleichfalls Verbindungen mit dem Quecksilber eingehen. Man konnte dies schon im Vorhinein erwarten, da ja die Versuche von Voit ergeben hatten, dass man, wenn man die Menge des Stickstoffs berechnet, welche in dem auf diese Weise bestimmten Harnstoff enthalten ist, eine nahezu so grosse Menge von Stickstoff findet, wie sie im ganzen Harne enthalten ist, beim Hunde fast genau, beim Menschen auch so annähernd, dass sich Voit dieser Methode lange Zeit bediente, um die Menge des Stickstoffs zu bestimmen, welche binnen 24 Stunden im Harne ausgeschieden war. Nun wissen wir zwar, dass die Menge des Stickstoffs, welche als Harnstoff durch den Körper fortgeht, bei weitem die grösste ist, dass der Harnstoff viel mehr Stickstoff als alle übrigen Harnbestandtheile zusammengenommen aus dem Körper ausführt; aber nichts desto weniger wissen wir doch auch, dass noch andere Substanzen, Harnsäure, Hippursäure, Kreatinin in einer solchen Menge im Harne enthalten sind, dass sie nicht vernachlässigt werden können. Wenn also die Liebig'sche Methode Zahlen gibt, welche sich denen des Gesammtstickstoffgehalts des Harns annähern, so sind diese Zahlen gewiss zu hoch, als dass man sie als Zahlen für den Harnstoff ansehen könnte. Schenk hat die Zahlen, welche man durch die Liebig-sche Methode bekommt, mit den Zahlen verglichen, welche man nach der Methode von Ragsky und Heintz erhält, und hat gefunden, dass die ersteren constant nicht unbeträchtlich grösser waren. Nun hat Heintz seiner Zeit schon dargethan, dass seine Methode zwar zu grosse Zahlen geben kann, weil sich noch andere Substanzen als Harnstoff zerlegen und Ammoniak abgeben können, keinesfalls aber zu kleine. Es geht also aus diesen Thatsachen hervor, dass die Zahlen, welche man mittelst des Liebig'schen Verfahrens erhält, als Zahlen für den Harnstoff beim Menschen unter allen Umständen zu gross sind. Nichts desto weniger wird dieses Verfahren seiner grossen Bequemlichkeit wegen da, wo es sich nur um annähernde Resultate handelt, noch immer im Gebrauche bleiben.

Für praktische Zwecke handelt es sich übrigens meist nicht um die Bestimmung des Harnstoffs als solchen. Für praktische Zwecke will man meist wissen, wie viel Stickstoff überhaupt binnen 24 Stunden entleert wird. Dazu wird man sich jetzt, wenn man etwas Zeit und Mühe verwenden will, nicht der Liebig'schen Methode bedienen, weil sie doch für die Gesammtstickstoffausscheidung zu kleine Zahlen gibt, sondern man wird nach einer der in der Chemie überhaupt gebräuchlichen Methoden den Stickstoffgehalt des Harnes bestimmen. Eine der gebräuchlichsten dieser Methoden ist die von Will und Varrentrapp, wobei der Stickstoff in Gestalt von Ammoniak bestimmt wird, das man erhält, indem man die zu untersuchenden Substanzen mit Natronkalk erhitzt. Diese Methode ist von Schneider und Seegen und von Voit eigens für die Bestimmung des Gesammtstickstoffgehalts im Harne modificirt worden.

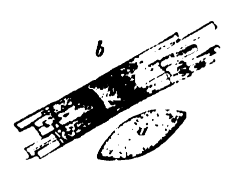
Es kann auch die Aufgabe entstehen, den Harnstoff in andern thierischen Flüssigkeiten aufzusuchen, im Blute, in hydropischen Flüssig-

keiten, im Fruchtwasser u. s. w. Es fragt sich: Auf welche Weise kann man in ihnen den Harnstoff am besten nachweisen? Der gewöhnliche Weg ist der, dass man die Eiweisskörper durch Zusatz des mehrfachen Volums Alkohol zum Blute coagulirt, zu ihrer vollständigeren Ueberführung in den unlöslichen Zustand 24 Stunden stehen lässt, auspresst, den Alkohol verdampft und nun aus dem Rückstande salpetersauren oder oxalsauren Harnstoff oder beide darzustellen sucht und diese an ihrer Krystallform erkennt. Da der Alkohol die Eiweisskörper nur langsam vollständig coagulirt, so hat Perls vorgeschlagen, zuerst eine wässerige Lösung von schwefelsaurem Kupferoxyd hinzuzusetzen, um die Eiweisskörper vollständig zu coaguliren, dann den Alkohol, und hierauf in der früheren Weise zu verfahren, 24 Stunden stehen zu lassen, dann zu filtriren und abzupressen. Wenn man salpetersauren oder oxalsauren Harnstoff dargestellt hat und über genug Material verfügt, so kann man damit in dem Gréhant'schen Apparate eine Analyse machen und sich so zu überzeugen suchen, dass die dargestellte Substanz in der That Harnstoff war.

Die Harnsäure.

Ein zweiter stickstoffhaltiger Bestandtheil des Harnes ist die Harnsäure. Sie ist wie der Harnstoff ein Product des allgemeinen Stoffwechsels, nicht ein Product der Nieren; denn wenn die Nieren ausgeschnitten werden und das Thier die Operation einige Zeit überlebt, so vermehrt sich ihre Menge im Körper. Dasselbe geschieht nach Unterbindung der Nierengefässe. Pawlinow fand nach derselben bei Tauben Ablagerung von Harnsäure auf den serösen Häuten und in den Lymphgefässen bis zur Verstopfung der letzteren. Man erhält die Harnsäure aus dem Harne, indem man ihn mit Chlorwasserstoffsäure versetzt und 36 Stunden stehen lässt. Die Harnsäure setzt sich dann in gewöhnlich stark gefärbten Krystallen an den Wänden und am Boden des Gefässes an und bildet, wenn sie in grösserer Menge vorhanden ist, auch wohl eine Krystallhaut auf der Oberfläche. Die Krystalle scheiden sich nicht plötzlich aus; man muss die Flüssigkeit 36 Stunden stehen lassen. Das beruht wahrscheinlich darauf, dass phosphorsaure Salze im Urin enthalten sind, denn aus reinen Lösungen von harnsauren Alkalien scheidet sich bei Zusatz von Salzsäure die Harnsäure plötzlich aus, die Ausscheidung verzögert sich aber in ähnlicher Weise wie im Harne, wenn man vorher gewöhnliches phosphorsaures Natron zusetzt. Die Harnsäurekrystalle, welche auf diese Weise gewonnen werden, bilden rhombische Tafeln, oder, und zwar häufiger noch, Formen (Fig. 38 *a*), wie man sie an den an den Seiten abgerundeten und an den Enden scharf zulaufenden Wetzsteinen sieht, welche in dieser Gestalt vielfach in den Handel gebracht werden. Man sagt deshalb, die Harnsäure bilde wetzsteinförmige Krystalle. Auch in spiessigen, kantigen, abgeplatteten Nadeln, die meist zu Bündeln oder Paketen vereinigt sind (Fig. 38 *b*), scheidet sie sich aus. Ueberall da, wo sich die Harnsäure


Fig. 38.



direct aus dem Menschenharne ausscheidet, zeichnen sich ihre Krystalle vor denen anderer Harnbestandtheile durch ihre bernsteingelbe bis rothbraune Farbe aus. Diese rührt von mitgerissenem Harnfarbstoff her: die Harnsäure selbst ist farblos.

Wenn man die Harnsäure rein darstellen will, so thut man nicht gut, sich dazu des menschlichen Harns zu bedienen, weil derselbe zu geringe Ausbeute gibt. Das beste Material sind Schlangenexcremente, welche man gelegentlich von Menageriebesitzern aufkauft. Die Schlangen scheiden fast ihren ganzen Stickstoff in Form von Harnsäure, nicht wie wir in Gestalt von Harnstoff, aus, und da sie ihre Nahrungsmittel sehr vollständig verdauen, so haben ihre Excremente einen sehr hohen procentischen Gehalt an Harnsäure. Sie werden breiig entleert, erhärten und trocknen an der Luft und bilden dann weisse, kreidige Massen. Diese werden zerkleinert und in verdünnter Kalilauge aufgelöst. Die Harnsäure bildet zwei Reihen von Salzen, normale und saure. Die sauren Salze der Alkalien sind viel schwerer löslich als die normalen. Wenn man deshalb in die concentrirte Lösung von normalem harnsaurem Kali, welche man durch Auflösen der Schlangenexcremente in Kali erhalten hat, reichlich Kohlensäure einleitet, so bildet sich ein Niederschlag von saurem harnsaurem Kali. Von diesem filtrirt man ab, zersetzt ihn mit Chlorwasserstoffsäure und bekommt dann bisweilen die Harnsäure schon im reinen, im farblosen Zustande. Wenn sie nicht farblos ist, so löst man sie in concentrirter Schwefelsäure auf. Sie löst sich in derselben ohne Zersetzung. In der Schwefelsäure wird der Farbstoff zerstört, und man fällt durch Wasserzusatz die Harnsäure wieder heraus, die dann in der Regel in Gestalt eines weissen krystallinischen Pulvers erhalten wird.

In Ermangelung von Schlangenexcrementen wendet man zur Darstellung der Harnsäure am besten Guano an, der überall als Düngungsmittel käuflich ist. Man muss sich aber erst an einer Probe überzeugen, ob dieselbe eine hinreichende Menge von Harnsäure enthält, und eine reichliche Ausbeute verspricht.

Die Harnsäure besteht aus $C_5 H_4 N_4 O_3$. Sie bildet, wie gesagt, zwei Reihen von Salzen, von denen die sauren Salze der Alkalien viel schwerer löslich sind als die neutralen. Unter diesen sauren Salzen ist am leichtesten löslich das Lithionsalz, wesshalb das nicht harmlose kohlensaure Lithion in neuerer Zeit in Gicht und Steinkrankheit angewendet wird, wo man früher kohlensaures Natron gab. Die Harnsäure ist in Wasser sehr schwer löslich, dagegen ist sie in verdünnten Alkalien leicht löslich. In angesäuertem Wasser löst sich nur ein Theil in 10000 Theilen, in heissem Wasser ist sie leichter löslich. Auch die sauren harnsauren Salze sind in heissem Wasser viel leichter löslich als in kaltem. Man kann dies benützen, um die Harnsäure aus thierischen Flüssigkeiten zu erhalten, welche Eiweisskörper enthalten. Wenn man schwach ansäuert, in der Hitze coagulirt, die Flüssigkeit vom Coagulum heiss abfiltrirt, und sie dann erkalten lässt, so scheidet sich manchmal aus ihr ein grauer, harnsäurehaltiger Beleg aus, der beim vorsichtigen Ausgiessen der kalten Flüssigkeit auf der Porzellanschale zurückbleibt.

Die geringe Löslichkeit der Harnsäure in Wasser, ihre Löslichkeit in fixen Alkalien und in Schwefelsäure und ihre Krystallform machen

sie an und für sich schon zu einem leicht zu erkennenden Körper; ausserdem aber hat sie eine sehr schöne und sehr charakteristische Reaction. Man nimmt eine Probe der Substanz, die man für Harnsäure hält, oder in der man Harnsäure vermuthet, z. B. eine Probe von Guano, gibt sie in eine Abrauchschale, tröpfelt ein paar Tropfen Salpetersäure darauf und erhitzt zum Abdampfen entweder auf dem Wasserbade oder, wenn man einige Uebung hat, über einer Spirituslampe oder Gasflamme. Man bewegt die Schale über der Flamme, um die Flüssigkeit besser zu vertheilen, und indem sich ihre letzten Mengen verflüchtigen, erhitzt man vorsichtig weiter und achtet darauf, ob in dem gelblichen oder bräunlichen Rückstande zwiebelrothe Flecke erscheinen. Dann lässt man die Schale erkalten, indem man sie auf kaltem Wasser schwimmen lässt, haucht sie, aber nur ganz wenig, an und hält sie über eine Ammoniakflasche. Dann bilden sich da, wo früher zwiebelrothe Flecken gesehen wurden, und auch noch in weiterer Ausdehnung, purpurrothe Flecke von Murexid, einem Körper, welcher im Grossen krystallisirt dargestellt ist, und welchen man ursprünglich unter dem Namen des purpursauren Ammoniaks beschrieben hat. Liebig und Wöhler fanden, dass er nicht die Eigenschaften eines Ammoniaksalzes habe, und nannten ihn deshalb Murexid. Später ist von Fritsch wieder behauptet worden, dass diese Verbindung doch ein Ammoniaksalz sei, es sei saures purpursaures Ammoniak. Aber die Gründe, welche er anführte, sind nicht ganz stichhältig, und es fehlt dem Murexid eine Reaction, welche wir bis jetzt ausnahmslos an allen Ammoniaksalzen kennen. Alle Ammoniaksalze geben mit dem sogenannten Nessler'schen Reagens einen orangegelben oder rostbraunen Niederschlag: eine Murexidlösung gibt aber keinen solchen gelben Niederschlag, sondern einen purpurfarbenen, der aber, wenn er längere Zeit gestanden hat, sich in einen rostbraunen Niederschlag umwandelt, woraus wohl hervorgeht, dass das Murexid an und für sich kein Ammoniaksalz, sondern wirklich eine Verbindung sui generis ist, welcher man deshalb mit Recht den ihr von Liebig und Wöhler gegebenen Namen lässt.

Wenn man statt des Ammoniaks Kali oder Natron hinzusetzt, so erhält man statt der purpurrothen Farbe eine violette; der violette Körper ist das sogenannte purpursaure Kali, beziehungsweise Natron.

Um die Harnsäure quantitativ zu bestimmen, versetzt man für praktische Zwecke den Harn mit Salzsäure, lässt ihn 36 Stunden an einem kalten Orte stehen, sammelt die ausgeschiedene Harnsäure auf einem gewogenen Filtrum, wägt und zieht das Gewicht des Filtrums ab. Wie aus dem Früheren hervorgeht, bleibt ein Theil der Harnsäure gelöst, welcher an Gewicht den zehntausendsten Theil des Gewichtes der Flüssigkeit beträgt. Hiefür kann man eine Correction anbringen. Einigermassen wird aber nach den Versuchen von Heintz dieser Fehler schon dadurch corrigirt, dass die Harnsäure sich nicht in ganz reinem Zustande ausscheidet, sondern immer eine gewisse Menge von Farbstoff mit sich reisst.

Ein wesentlicher Fehler dieses Verfahrens besteht nach neueren Untersuchungen darin, dass sich die Harnsäure nicht immer gleich vollständig ausscheidet, sondern häufig grössere Mengen gelöst bleiben. Unrichtig ist indessen die Angabe, dass sich die Harnsäure bei diesem Verfahren aus zuckerhaltigem Harn stets unvollständig ausscheide. Sie kann aus künstlich zuckerhältig gemachtem Harn nach Versuchen, die

Dr. Modjejewski in unserem Laboratorium angestellt hat, so vollständig wieder gewonnen werden, wie aus dem nicht mit Zucker versetzten. Wenn also bei diabetischem Harn unvollständige Ausscheidung der Harnsäure beobachtet ist, so muss der Grund in etwas anderem als dem Zuckergehalte gelegen haben. Dass sich in der Regel, keineswegs immer, wenig, oft auch keine Harnsäure abscheidet, erklärt sich schon aus der grossen Harnmenge, auf welche sich die in 24 Stunden ausgeschiedene Harnsäure vertheilt.

Allantoin.

Wenn man Harnsäure in Wasser aufschwemmt, zum Sieden erhitzt und Bleisuperoxyd einträgt, so entfärbt sich dieses und es geht eine Reaction vor, bei der sich Kohlensäure, Oxalsäure, Harnstoff und ein Körper, von welchem wir bis jetzt noch nicht gesprochen haben, das Allantoin, bildet. Eine ähnliche Zersetzung geht die Harnsäure noch bei andern Oxydationen ein, z. B. wenn durch übermangansaures Kali oxydirt wird. Das Allantoin besteht aus $C_4 H_6 NO_3$ und wurde zuerst von Vauquelin in der Allantoisflüssigkeit der Kuh gefunden; später wurde es auch im Kälberharne gefunden, und der Harn junger saugender Kälber ist das beste, wohlfeilste Material, um sich das Allantoin durch Abdampfen bei niederer Temperatur und langsamer Krystallisation in sehr schönen farblosen Krystallen zu verschaffen. Es ist im Fruchtwasser der Frau und innerhalb der ersten acht Tage auch im Harne junger Kinder gefunden worden. Später verschwindet es aus dem Harne, so dass es nicht mit zu den constanten Harnbestandtheilen des Menschen gerechnet werden kann. Die erwähnte Zersetzung hat für uns noch ein anderes Interesse. Erstens das Interesse, dass sich aus der Harnsäure Oxalsäure bildet, und sich somit eine Quelle für die Bildung von Oxalsäure im Körper zeigt. Man verbot früher beim Vorkommen von Steinen aus oxalsaurem Kalk alle diejenigen pflanzlichen Nahrungsmittel, welche Oxalsäure enthalten, insonderheit Sauerampfer und Sauerklee, indem man der Meinung war, dass die Oxalsäure von aussen in den Körper hineinkomme. Wir werden später, wenn wir von den Harnsteinen handeln, sehen, dass es viel wahrscheinlicher ist, dass der oxalsaure Kalk, welcher in den Harnsteinen vorkommt, aus der Harnsäure und nicht aus der Nahrung seinen Ursprung habe. Weiter ist diese Zersetzung für uns von Interesse, weil als Zersetzungsproduct Harnstoff gebildet wird, es sich also zeigt, dass die Harnsäure höher in der Reihe der Zersetzungsproducte, welche sich im Körper bilden, steht, als der Harnstoff, und dass, wenn die Menge der Harnsäure im Körper zunimmt, dies keine Vermehrung, keine Beschleunigung der Zersetzung, sondern dass es vielmehr ein Unvollständigwerden der Zersetzung ist, indem sonst noch ein Theil der Harnsäure hätte zerfallen können, so dass sich mehr Harnstoff und weniger Harnsäure gebildet hätte.

Oxalursäure.

Noch ein anderes Zersetzungsproduct ist von Schunck im Harne gefunden worden, nämlich die Oxalursäure. Sie besteht aus $C_3 H_4 N_2 O_4$.

Man erhält sie als Zersetzungsproduct der Harnsäure; wenn man diese in Salpetersäure auflöst und gleich nach erfolgter Auflösung mit Ammoniak sättigt, krystallisirt oxalursaures Ammoniak. Die Darstellung aus menschlichem Harn ist ziemlich umständlich. Sie beruht im Wesentlichen darauf, dass die Oxalursäure von Thierkohle zurückgehalten wird. Man filtrirt deshalb grosse Mengen Harn durch Thierkohle und kocht dieselbe mit Alkohol aus. Aus diesem alkoholischen Auszuge sucht man die Oxalursäure zu gewinnen.

Xanthin.

Es kommt im Harne in geringer Menge eine Substanz vor, welche man früher auch mit dem Namen der harnigen Säure bezeichnet hat, weil man ihre Formel bekommt, wenn man aus der Formel der Harnsäure ein Atom Sauerstoff wegnimmt. Der Name ist aufgegeben, weil der Körper nicht die Eigenschaften einer Säure hat. Man nennt ihn jetzt nur noch Xanthin. Der Name kommt von ξανθός, gelb, blond, und wurde ihm beigelegt, weil er mit Salpetersäure auf dem Wasserbade eingedampft nicht einen rothen, sondern einen gelben Fleck, einen gelben Nitrokörper gibt. Das Xanthin wurde von Marcet in einem Harnsteine entdeckt. Schon vor mehr als einem Vierteljahrhundert gaben Strahl und Lieberkühn an, dass sie es als normalen Bestandtheil im menschlichen Harn gefunden hätten, dass es aber in sehr geringer Menge darin enthalten sei. Es ist diese Angabe später bezweifelt worden. Dann hat aber Strecker wieder nachgewiesen, dass im normalen Harn wirklich Xanthin vorkomme. Es kommt übrigens keineswegs ausschliesslich im Harne vor, es ist vielfach in den Geweben des Körpers, im Pankreas, in der Milz, in den Lymphdrüsen u. s. w. gefunden worden. Es ist auch ein Glied in der Reihe der Zersetzungsproducte der stickstoffhaltigen Nahrung und zwar ein Glied, das über der Harnsäure steht, weil es niedriger oxydirt ist als diese. Das Xanthin kann mit zwei Körpern verwechselt werden, mit dem Sarkin oder Hypoxanthin und mit dem Guanin. Beide sind in ihren Eigenschaften sehr ähnlich. Das Xanthin unterscheidet sich aber dadurch, dass es die gelbe Reaction mit Salpetersäure schon gibt, wenn es mit gewöhnlicher Salpetersäure auf dem Wasserbade abgedampft wird, während Sarkin und Guanin diese Reaction nur geben, wenn sie entweder mit rauchender Salpetersäure abgedampft werden oder mit gewöhnlicher über freiem Feuer. Der Nitrokörper, welchen sie dann geben, ist nach den Untersuchungen von Strecker identisch mit demjenigen, welchen das Xanthin gibt. Das Sarkin unterscheidet sich von dem Xanthin wiederum dadurch, dass es ein Atom Sauerstoff weniger enthält als dieses, und es ist ebenso wie das Xanthin in den Geweben weit verbreitet. Es ist zuerst von Scherer in einer Reihe von Geweben und Gewebsflüssigkeiten nachgewiesen und unter dem Namen Hypoxanthin beschrieben worden. Später ist es von neuem und, man muss sagen, in reinerem Zustande dargestellt worden, und man nannte es Sarkin. Das Guanin wurde von Bodo Unger im Guano entdeckt. Er glaubte zuerst Xanthin gefunden zu haben, aber das Resultat seiner Elementaranalyse $(C_5 H_5 N_5 O)$ stimmte nicht mit dem überein, welches Wöhler bei der Analyse des Xanthins erhalten hatte. Spätere

Untersuchungen zeigten, dass der im Guano gefundene Körper nicht Xanthin, sondern eine neue bisher unbekannte Verbindung sei. Das Guanin ist, so viel man bis jetzt weiss, nicht Bestandtheil des menschlichen Harns, aber bei gewissen Thieren kommt es normal als Harnbestandtheil vor, z. B. in den Malpighi'schen Gefässen, den Harnkanälen, der Kreuzspinne. Auch an den Schuppen der Fische kommt es vor; die glänzenden kleinen Krystalle, welche zur Fabrication der falschen Perlen benutzt werden und den sogenannten Fischschuppenglanz bilden, bestehen nach neueren Untersuchungen aus Guanin.

Hippursäure.

Weiter kommt im Harne eine stickstoffhaltige Säure vor, welche aus $C_9 H_9 NO_3$ besteht und den Namen der Hippursäure führt. Man hat sie Hippursäure genannt, weil sie im Pferdeharne in grosser Menge vorkommt. Sie kommt ebenfalls in grosser Menge im Harne der Rinder vor. Sie ist aber auch ein Bestandtheil des menschlichen Harns, in welchem sie im Allgemeinen in geringerer aber wechselnder Menge vorkommt, manchmal in derselben Menge wie die Harnsäure, manchmal in geringerer. Wenn man von der Formel der Hippursäure die der Benzoesäure $(C_7 H_6 O_2)$ abzieht und ein Atom Wasser hinzuaddirt, so bekommt man die Formel des Glycocolls $(C_2 H_5 NO_2)$. Und in der That, wenn man die Hippursäure mit Salzsäure kocht, so scheidet sich Benzoesäure ab, und andererseits bekommt man salzsaures Glycocoll. Dass man Benzoesäure aus dem Harne grasfressender Thiere erhalten konnte, ist eine alte Erfahrung, und man hat sogar in früherer Zeit die Hippursäure mit der Benzoesäure verwechselt.

Wenn man die Hippursäure aus dem Harne der Pferde oder der Rinder darstellt, so geschieht dies in der Regel so, dass man ihn mit Kalkmilch kocht, durch Eindampfen concentrirt, filtrirt, und das Filtrat mit Chlorwasserstoffsäure zersetzt, worauf sich die Hippursäure in vierseitigen Prismen mit schiefangesetzten Endflächen ausscheidet. Sie ist schwer löslich in Alkohol, in Wasser und in Aether. Das letztere gibt ein Mittel, um sie von der Benzoesäure zu befreien, welche häufig mit ihr aus dem Pferdeharn ausgeschieden wird. Man zieht das Gemenge von Hippursäure und Benzoesäure mit Aether aus. Die Benzoesäure löst sich im Aether leicht auf, während die Hippursäure grösstentheils zurückbleibt.

Die Hippursäure bildet sich auch innerhalb des Körpers dadurch, dass Benzoesäure sich mit dem Atomcomplex des Glycocoll verbindet. Ure wies vor einer langen Reihe von Jahren nach, dass, wenn man Benzoesäure einnimmt, diese nicht wieder als solche, sondern als Hippursäure ausgeschieden wird, und dass man durch Einnehmen grösserer Mengen von Benzoesäure sehr bedeutende Mengen von Hippursäure im Harne erzeugen könne. Aehnliches ist später vom Benzoeäther, vom Benzamid und vom Bittermandelöl nachgewiesen worden. Auch andere Säuren bilden nach den Untersuchungen von Schulzen ähnliche Substitutionsproducte, andere Hippursäuren, indem sie sich in derselben Weise mit Glycocoll verbinden. Nach diesen Erfahrungen konnte man glauben, dass vielleicht in dem Futter der grasfressenden Thiere, in deren Harn

sich grosse Mengen Hippursäure finden, Benzoesäure oder andere directe Materialien für die Bildung derselben enthalten seien. Die Nachforschungen darnach haben aber ein negatives Resultat gegeben. Bis jetzt haben die Untersuchungen von Meissner nur einen Zusammenhang hergestellt mit einem Bestandtheile des Futters der grasfressenden Thiere, nämlich mit den Cuticularsubstanzen, indem es sich gezeigt hat, dass die Hippursäure aus dem Harne nahezu verschwand, wenn den Thieren diese Cuticularsubstanzen entzogen wurden, dass dagegen die Hippursäure in grossen Mengen gebildet wurde, wenn ihnen die Cuticularsubstanzen wieder in grösserer Menge zugeführt wurden. Man kann kaum zweifeln, dass das durch die Spaltung der Glycocholsäure erhaltene Glycocoll das Material für die Bildung der Hippursäure abgibt.

Baumstark's neuer Harnbestandtheil.

Einen der Hippursäure äusserlich sehr ähnlichen, aber chemisch von ihr völlig verschiedenen Stoff hat Baumstark aus dem Harne dargestellt. Der Harn wird zu dickem Syrup im Wasserbade abgedampft und der Rückstand noch warm mit grossen Mengen absoluten Alkohols so lange versetzt, als noch etwas gefällt wird. Das klare Filtrat wird abgedampft und der Rückstand, nachdem er mit Salzsäure versetzt ist, mit Aether geschüttelt um ihm die Hippursäure zu entziehen. Der zurückbleibende Syrup wird mit Ammoniak übersättigt und mit Bleiessig gefällt. Die vom Niederschlage abfiltrirte Flüssigkeit wird mit Schwefelwasserstoff entbleit und dann wieder zur Syrupsconsistenz eingedickt. Es krystallisirt daraus Harnstoff und Baumstark's neue Verbindung. Sie ist in kaltem Wasser und kaltem Weingeist viel schwerer löslich als der Harnstoff und unlöslich in Alkohol. Durch letzteren wird der Harnstoff entfernt und dann der neue Körper aus heissem Wasser umkrystallisirt, wobei er oft in mehreren Millimeter langen, den Hippursäurenadeln ähnlichen Krystallen anschiesst. Er hat die Zusammensetzung $C_3 H_8 N_2 O$. Er ist also den Diamiden der Milchsäure im weiteren Sinne isomer, aber nach den Versuchen von Baumstark mit keinem derselben identisch. Im normalen Harne ist er in sehr geringer Menge vorhanden, in gewissen Krankheitsfällen in grösserer.

Kreatinin.

Ein weiterer Bestandtheil des Harns ist das Kreatinin. Wir haben es schon als Zersetzungsproduct des Kreatins kennen gelernt. Wir haben gesehen, dass, wenn man das Kreatin mit Säuren oder auch nur anhaltend mit Wasser kocht, dasselbe sich nach und nach unter Wasserausscheidung in eine starke Base, in Kreatinin, umwandelt. Das Kreatinin ($C_4 H_7 N_3 O$) ist ein regelmässiger Bestandtheil des Harnes, während das Kreatin, wie es scheint, normaler Weise nicht darin vorkommt. Andererseits ist das Kreatin ein regelmässiger Bestandtheil des Muskelsaftes, während das Kreatinin, das man daraus gewonnen hat, wahrscheinlich aus dem Kreatin während der chemischen Arbeit entstanden ist. Das Kreatinin wird aus Harn erhalten als Kreatininchlorzink, und wird als solches auch quantitativ im Harne bestimmt. Man macht den Harn mit etwas Kalk-

milch alkalisch, setzt dann noch Chlorcalciumlösung hinzu, sieht, ob noch eine Fällung von phosphorsaurem Kalk entsteht, und filtrirt. Das Filtrat dampft man bis zur Syrupconsistenz ab. Dann zieht man es mit Alkohol von 98 Volumprocenten aus, engt die Flüssigkeit ein, fällt mit einer concentrirten alkoholischen Lösung von Chlorzink, bringt die Flüssigkeit in die Kälte, damit sich von dem im Alkohol schwer löslichen Kreatininchlorzink möglichst Alles ausscheidet. Nun sammelt man die Krystalle auf einem gewogenen Filtrum und wägt.

Carbolsäure.

Als ein normaler Bestandtheil des Harns ist, nachdem es mehrmals angekündigt und mehrmals wieder bestritten worden, auch das Phenol (C_6H_6O), die Carbolsäure, anerkannt worden. Sie kommt nur in verhältnissmässig sehr geringer Menge im Harne vor, kann indessen durch verschiedene Reactionen, durch die bekannte Reaction mit Salzsäure und einem Fichtenspahne, durch Bromwasser und Eisenoxyd u. s. w. nachgewiesen werden.

Indigobildende Substanz im Harne.

Weiter kommt im Harne noch eine in mancher Beziehung räthselhafte Substanz vor, welche von Schunck darin aufgefunden worden ist, und die ich vorläufig die indigobildende Substanz nennen will, weil sie als eines ihrer Zersetzungsproducte Indigo gibt. Es ist mehrmals auffallend rother und auch blauer Urin beobachtet worden, und Urin beobachtet worden, aus welchem sich ein blaues Sediment absetzte, oder ein rothes Pulver gemischt mit einem blauen. Ein solches blaues Pulver wurde vor mehr als 30 Jahren dem berühmten Chemiker Eilhard Mitscherlich zur Untersuchung übergeben, und er erkannte, dass diese Substanz Indigo sei. Später hat man blaue Stoffe öfter im Harne wiedergefunden und aus dem Harne dargestellt und ihnen verschiedene Namen gegeben. In neuerer Zeit hat es sich gezeigt, dass höchst wahrscheinlich alle diese blauen Substanzen Indigo waren, und dass man aus jedem Harne mehr oder weniger Indigo darstellen kann, so dass sich das blaue Indigosediment als Zersetzungsproduct eines normalen Harnbestandtheiles ergibt. Die künstliche Zersetzung wird durch Salzsäure eingeleitet. Durch starke Salzsäure wird aller Harn mehr oder weniger dunkel und roth, und es scheidet sich dabei ein Sediment aus, welches nebeneinander Indigoblau und Indigoroth enthält. Um aber das Indigoblau reiner zu erhalten, fällt man den Harn erst mit neutralem essigsauren Blei aus. Dann wird ein grosser Theil der Farbstoffe gefällt, und der Harn tropft als sehr lichtgelbe Flüssigkeit ab. Jetzt fällt man das Filtrat mit basisch essigsaurem Blei, und filtrirt wieder, und jetzt tropft der Harn als eine farblose Flüssigkeit ab. Ich erwähne diese Procedur ausdrücklich in dieser Weise, weil behauptet worden ist, dass sich das Indigo aus einem Farbstoffe des Harns, welchen man mit dem Namen Uroxanthin belegt hat, bilde. Aber Jedermann kann sich überzeugen, dass dies ein Irrthum ist, weil man das Indigo aus der farblosen Flüssigkeit gewinnt, indem man Ammoniak hinzusetzt, wobei noch einmal ein Nie-

derschlag entsteht. Diesen Niederschlag sammelt man auf dem Filtrum, leert ihn von diesem in eine Abrauchschale, übergiesst ihn mit mässig verdünnter Salzsäure, rührt um und filtrirt nun rasch. Je nachdem die Salzsäure stärker gewesen ist, beginnt die Zersetzung schon während des Filtrirens, so dass sich der Rückstand auf dem Filtrum schon blau färbt. Im Filtrate scheidet sich binnen 24 Stunden an der Oberfläche ein feines krystallinisches Häutchen von Indigo ab, und wenn man die Flüssigkeit vorsichtig ausgiesst, so legt es sich an den Boden der Porcellanschale an und bleibt so in derselben zurück. Man kann an diesem Häutchen die kornblumenblätterartigen Krystalle von Indigo sehr gut unter dem Mikroskope sehen. Man kann sich ferner durch alle bekannten Reactionen von Indigo überzeugen, dass man es wirklich mit solchem zu thun habe.

Jaffé hat gefunden, dass die indigobildende Substanz im Harne bei Thieren bedeutend vermehrt wird, wenn man ihnen Indol unter die Haut injicirt. Da nun Indol von Kühne als eines der Producte der Pankreasverdauung erkannt worden ist, so glaubt Jaffé, dass das Indol aus dem Darme resorbirt wird, und auf diese Weise zur Bildung der indigobildenden Substanz Veranlassung gibt. Er hat auch in einem Falle von Ileus, wo grosse Mengen von Faeces im Darme angehäuft waren, und sich längere Zeit dort aufhielten, eine ganz ungewöhnliche Menge von Indigo aus dem Harne erhalten.

Schunck ist der Ansicht, dass in dem Harne dieselbe Substanz enthalten sei, welche nach ihm in einer Mutterpflanze des Indigo, in der Isatis tinctoria, enthalten ist, und welche dort durch den bekannten Process der Indigobereitung das Indigo gibt. Dieser Stoff führt den Namen Indican. Es ist jedoch der Beweis für seine Lehre noch nicht vollständig geliefert, und wir wollen diesen Körper daher lieber indigobildende Substanz oder Schunck'sches Chromogen nennen. Sie wissen aber jetzt, was darunter zu verstehen ist, wenn von grösserem oder geringerem Indicangehalt des Harnes gesprochen wird.

Urobilin.

Ich habe Ihnen eben gesagt, dass, wenn man den Harn mit neutralem essigsauren Blei ausfällt, ein grosser Theil der gefärbten Stoffe des Harns ausgefällt wird, dass, wenn man dann noch mit basisch essigsaurem Blei ausfällt, der Rest der Farbstoffe herausfällt. Es sind also offenbar mehrere stark gefärbte Stoffe im normalen Urin enthalten. Ueber ihre chemische Natur weiss man sehr wenig. Wenn man so viel Kenntniss von ihnen hätte, wie man Namen für sie erfunden hat, so würde man viel besser daran sein als jetzt. Aber einer dieser Farbstoffe hat in neuerer Zeit ein wesentliches physiologisches Interesse erhalten. Es ist dies ein Harnfarbstoff, welcher namentlich in dem dunkel gefärbten Urin Fieberkranker in grosser Menge enthalten ist, und den Jaffé aus demselben dargestellt hat. Er charakterisirt sich durch zwei sehr auffallende Eigenschaften: erstens dadurch, dass er in sauren Lösungen einen charakteristischen Absorptionsstreifen zwischen E und F zeigt, und zweitens dadurch, dass die Lösung, wenn man sie ammoniakalisch macht und eine kleine Menge von Chlorzink hinzusetzt,

eine sehr schöne Fluorescenz zeigt. Dieser Farbstoff, Urobilin genannt, hat zunächst deswegen in neuerer Zeit ein solches Interesse erlangt, weil Maly nachgewiesen hat, dass er sich künstlich aus dem Cholepyrrhin, dem sogenannten Bilirubin, der Galle, darstellen lässt. Maly gewinnt ihn aus der alkalischen Lösung des Cholepyrrhins, von dem wir wissen, dass es sich an der Luft zu Biliverdin oxydirt, durch Einwirkung von Natriumamalgam, und ebenso hat er ihn durch Reduction und Einwirkung von Natriumamalgam aus dem Biliverdin mit allen charakteristischen Eigenschaften, welche Jaffé von ihm angibt, gewonnen. Man kann also kaum zweifeln, dass Urobilin auch im menschlichen Körper aus dem Farbstoffe der normalen Galle, aus dem Cholepyrrhin entsteht, und zwar scheint die Umwandlung des Cholepyrrhin in Urobilin schon im Darmkanale stattzufinden. Denn Jaffé hat nachgewiesen, dass ein gelber Farbstoff, welchen man aus den Faeces dargestellt hatte, nichts anderes war als das von ihm dargestellte Urobilin. Der Gang der Dinge würde also der sein, dass bei den Veränderungen, welche die Galle im Darmkanale erleidet, das Cholepyrrhin in Urobilin umgewandelt wird, dass ein Theil des Urobilins resorbirt und durch den Harn ausgeschieden wird, und der Rest mit den Faeces fortgeht. Ferner hat Hoppe-Seyler nachgewiesen, dass sich durch Anwendung von Reductionsmitteln, am einfachsten von Zinn und Salzsäure, auf Hämatin daraus Urobilin gewinnen lässt. Es ist also hierdurch mittelbar auch der chemische Zusammenhang von Blutfarbstoff und von Gallenfarbstoff hergestellt.

Kryptophansäure.

Endlich hat in neuerer Zeit Thudichum im Harne eine neue stickstoffhaltige Säure beschrieben, von welcher er in erster Reihe die saure Reaction des Harns ableitet, und welche er mit dem Namen der Kryptophansäure belegt hat. Es ist indessen noch Streit über diese Säure. Es ist noch Streit darüber, ob Thudichum eine reine Substanz oder ein Gemenge vor sich hatte, und wir wollen deshalb hier augenblicklich nicht näher auf den Gegenstand eingehen.

Der Zucker im Harne.

Es kommen im Harne kleine Mengen von Zucker vor und von Milchsäure, welche wahrscheinlich, sei es innerhalb, sei es ausserhalb der Harnwege, aus Zucker entstanden sind. Dass Spuren von Zucker im Harne vorkommen, ist an und für sich nichts Wunderbares, da wir seit so vielen Jahren wissen, dass im Blute immer Zucker enthalten ist, der Zucker eine krystalloide Substanz ist, es also sehr wunderbar sein würde, wenn er nicht mit andern krystalloiden Substanzen in den Harn übergehen würde. Wissen wir ja doch Alle, dass er in grossen Mengen in den Harn übergeht, wenn er in grossen Mengen im Blute enthalten ist. Der Diabetes mellitus beruht ja nur darauf, dass grosse Mengen von Zucker, grössere als im Normalzustande, im Blute enthalten sind. Aber die Frage ist deshalb von grosser Wichtigkeit, weil immer noch Einige behaupten, dass der Diabetes mellitus, wenn ich mich so aus-

drücken soll, nicht nur eine quantitative Anomalie sei, dass nicht nur mehr Zucker ausgeschieden werde als in normalem Zustande, sondern dass im normalen Urin kein Zucker ausgeschieden werde, und der Diabetes mellitus als Krankheitsprocess darin bestehe, dass in ihm Zucker durch die Nieren hinausgehe. Wir müssen uns deshalb näher mit den Beweisen beschäftigen, welche dafür vorliegen, dass immer kleine Mengen von Zucker ausgeschieden werden, und dass der Diabetes mellitus sich eben dadurch vom normalen Zustande unterscheidet, dass, indem grössere Mengen von Zucker im Blute sind, auch grössere Mengen von Zucker in den Harn übergehen.

Wir haben früher die Trommer'sche Zuckerprobe angestellt und haben gesehen, dass wir einen Niederschlag erhalten von Kupferoxydulhydrat, welches gelb gefärbt ist, oder von Kupferoxydul, das roth gefärbt ist. Das war aber nicht das Wesentliche der Probe, sondern das Wesentliche der Probe bestand darin, dass eine Reduction stattfand, und dass wir aus dieser Reduction auf Zucker schlossen, wenn eben kein anderer reducirender Körper vorhanden war. Wenn wir Harn mit Kali versetzen und fügen eine kleine Menge von Kupfervitriol hinzu, so entsteht zuerst ein Niederschlag, der sich aber, wenn die hinzugefügte Kupfervitriolmenge nicht zu gross ist, wieder auflöst. Nun theilt man die erhaltene Flüssigkeit in zwei Theile, von welchen nur ein Theil erhitzt wird. Es entsteht dann in dem erhitzten Harne, wenn nicht gerade zufällig in demselben etwas mehr Zucker enthalten ist, kein Niederschlag. Vergleicht man aber die beiden Proben mit einander, so findet man, dass die eine tief grün ist, und dass die andere, die erhitzte, gelb ist. Die grüne Farbe rührt von dem Kupferoxydsalze her, und das ist offenbar jetzt verschwunden, es hat also eine Reduction stattgefunden. Giesst man die gelbe Flüssigkeit in eine Porcellanschale und schwingt sie an der Luft herum, so wird sie wieder grün, das Kupferoxydul absorbirt Sauerstoff aus der Luft und verwandelt sich wieder in Oxyd. Warum hat sich das Oxydul oder das Oxydulhydrat, welches sich bei der Reduction bildet, nicht ausgeschieden? Die Antwort darauf lautet, dass kleine Mengen von Kupferoxydul oder Kupferoxydulhydrat nicht ausgeschieden werden, weil der Harn Substanzen enthält, oder beim Kochen mit Kali Substanzen in ihm erzeugt werden, welche das Oxydul in Lösung erhalten. Als eine dieser Substanzen kennen wir das Ammoniak. So wie es ein schön blau gefärbtes, leicht lösliches Kupferoxydammoniak gibt, so gibt es ein Kupferoxydulammoniak, welches gleichfalls leicht löslich und dabei farblos ist.

Wenn sich also Ammoniak im Harne entwickelt, so bleibt mehr oder weniger Kupferoxydul im Harne gelöst. Man hat das bestritten, weil, wenn man zu einer Zuckerlösung Ammoniak hinzusetzte, und dann erhitzte, doch das Oxydul oder Oxydulhydrat sich ausschied. Die Verhältnisse sind aber wesentlich andere. Erstens handelt es sich hier um sehr kleine Mengen von Zucker, und zweitens verjagt man im Gegenversuche das Ammoniak durch Erhitzen, während man im Harne Körper hat, welche unter der Einwirkung des Kali fortwährend neues Ammoniak liefern. Man hat deshalb auch nach längerem Erwärmen keine ammoniakfreie Flüssigkeit. Es soll damit nicht gesagt sein, dass nicht andere Substanzen im Harne mit zur Auflösung des Kupferoxyduls

beitragen. Namentlich weiss man dies vom Kreatinin. Es handelt sich nur darum, in wie weit das Kreatinin als solches wirkt, und in wie weit das Ammoniak wirkt, das sich aus demselben entwickelt. Thatsache ist, dass kleine Mengen von Oxydul aufgelöst bleiben. Daraus also, dass kein Niederschlag entsteht, kann man nicht schliessen, dass im normalen Harn kein Zucker enthalten ist. Umgekehrt würde es sehr voreilig sein aus der Reduction ohne Weiteres zu schliessen, dass Zucker darin enthalten sei. Denn im Harne kommen noch zwei andere Substanzen vor, von welchen wir gewiss wissen, dass sie reduciren, Harnsäure und Kreatinin. Reine Harnsäure reducirt in ähnlicher Weise wie Zucker und scheidet ein rothes Pulver von Oxydul aus. Kreatinin reducirt auch, nur bleibt das Oydul oder Oxydulhydrat gelöst. Aus der Trommer'schen Probe erfahren wir, dass eine Reduction stattgefunden hat, und dass also eine reducirende Substanz im Urin war, nichts weiter. Wir wissen immer noch nicht ob diese Reduction vom Zucker herrührt. Um dies sagen zu können, müssen wir die andern reducirenden Körper ausschliessen.

Wie geht es zu, dass man in der Praxis so grossen Werth auf das Erscheinen des rothen und gelben Niederschlages legt? In allen Spitälern sehen Sie die Zuckerprobe machen; wenn kein Niederschlag entsteht, wird das Glas mit Beruhigung hingestellt, es ist kein Zucker vorhanden; wenn aber ein rother oder ein gelber Niederschlag entsteht, wird auf Zucker geschlossen. Das hat seinen guten Grund darin, dass dieser rothe oder gelbe Niederschlag dann entsteht, wenn relativ zu den andern Bestandtheilen des Harns eine ungewöhnliche Menge von Zucker im Harne enthalten ist, und diese ungewöhnliche Menge von Zucker ist eben der pathologische Zucker, nach dem man sucht, und deshalb legt man in der Praxis auf das Entstehen dieses Niederschlages so grossen Werth.

Man kann aber hiebei doch Täuschungen unterliegen, wenn man die Probe so anstellt, wie sie vielfältig angestellt wird. Man hat zur grösseren Bequemlichkeit vorbereitete Flüssigkeiten, welche man nur mit dem Harn mischt, erhitzt und sieht, ob dann ein Niederschlag entsteht. Solche Flüssigkeiten sind die Fehling'sche Flüssigkeit, der liqueur de Barreswil u. s. w. Alle bestehen im Wesentlichen aus Kali oder Natron, einem Kupferoxydsalze, schwefelsaurem oder essigsaurem Kupferoxyd, und einem weinsauren Salze. Gewöhnlich wendet man dazu, weil man es am leichtesten rein erhalten kann, das sogenannte Seignette-Salz, das weinsteinsaure Kalinatron, an. Wenn Sie ein Kupferoxydsalz und Kali zusammengiessen, so entsteht ein türkisenblauer Niederschlag von Kupferoxydhydrat. Wenn Sie aber dann ein weinsaures Salz hinzufügen, so löst sich dieser Niederschlag wieder auf, Sie bekommen eine schöne tief gefärbte, blaue Flüssigkeit. Man bedient sich mitunter, um diesen Niederschlag aufzulösen, statt des weinsauren Salzes des reinen Glycerins. Die vorbereiteten Flüssigkeiten haben erstens den Nachtheil, dass sie verderben, dass sie nach und nach selbst anfangen Oxydul auszuscheiden, schon bei gewöhnlicher Temperatur und dann noch weiter beim Erhitzen. Das würde aber der geringste Nachtheil sein, denn, wenn sie verdorben sind, könnte man neue machen. Aber sie haben den wesentlichen Nachtheil, dass, wenn man mit ihnen arbeitet, man beträchtliche Mengen von

Zucker übersehen kann, so beträchtliche, dass sie schon als pathologisch bezeichnet werden müssen. Die Sache ist folgende. Man schüttet die Probeflüssigkeit zum Harn: um nicht zu wenig hinzuzuschütten, giesst man reichlich von der Kupferoxydlösung hinzu, dass die Farbe schon und tief blau oder grün ist, und dann erhitzt man. Entsteht kein Niederschlag, so sieht man es an, als ob kein Zucker vorhanden gewesen wäre. Möglicher Weise ist aber das Oxydul in Lösung geblieben, und die Entfärbung hat man nicht wahrgenommen, weil man eben eine überschüssige Menge der Probeflüssigkeit hinzugesetzt hat. Man hat keinen Massstab mehr dafür, wie viel man von der Probeflüssigkeit hinzusetzen soll.

Es kommt oft, namentlich bei alten Leuten vor, dass Zucker im Harne in einiger Menge enthalten ist, in grösserer Menge als im normalen Harne, dass aber daneben eine so grosse Menge von stickstoffhaltigen Substanzen vorhanden ist, dass man keinen Niederschlag bekommt. Diesen Zucker übersieht man leicht, wenn man sich der Fehling'schen oder Barreswil'schen Probeflüssigkeit bedient. Wenn man dagegen die Zuckerprobe so anstellt, wie wir sie hier angestellt haben, so wird es sogleich auffallen, dass, wenn man Kali hinzugesetzt hat und nun die verdünnte Lösung von schwefelsaurem Kupferoxyd hinzutröpfelt, man eine ungewöhnliche Menge derselben zusetzen kann, ehe auch nur eine Spur eines bleibenden Niederschlages entsteht, und wenn man erhitzt, so entfärbt sich die Probe, oder richtiger, sie wird bernsteingelb, trotz der grossen Menge von Kupferlösung, welche man hinzugesetzt hat. Manchmal kann man sich, wenn man das Glas erkalten lässt, überzeugen, dass sich nachträglich noch ein gelber Niederschlag von Kupferoxydulhydrat ausscheidet. Alle diese vorbereiteten Flüssigkeiten sind daher zu verwerfen, und die Probe ist so anzustellen, wie sie ursprünglich von Trommer angegeben worden ist. Nachdem man das Kali zum Harn hinzugefügt hat, thut man wohl zu filtriren, damit man beim Zusetzen der Kupferlösung nicht durch die vorhandene Trübung darüber getäuscht wird, ob sich das gefällte Oxydhydrat noch vollständig wieder auflöse oder nicht.

Eine zweite Probe, die einfachste von allen, welche, so viel ich weiss, ursprünglich von Pélouze angegeben wurde, besteht darin, dass man den Harn mit etwas Kali oder Natron versetzt und zusieht, ob er sich beim Erhitzen bräunt. Man stellt die Probe am besten so an, dass man von dem zu untersuchenden Harn eine Probe in ein Reagirglas giesst, Kali hinzufügt und, nachdem gut gemischt worden ist, die Hälfte der Probe in ein anderes Reagirglas überleert und erhitzt. Man bemerkt dann beim Vergleichen der beiden Hälften, dass die erhitzte dunkler gefärbt ist als die nichterhitzte. Auch diese Probe spricht dafür, dass im normalen Harn Zucker enthalten ist: denn, wenn man sie mit solchem anstellt, so ist immer die erhitzte Hälfte deutlich dunkler. Als Beweis für das Vorhandensein von Zucker im normalen Harn genügt aber auch diese Probe nicht. Die Substanzen, welche uns bei der Trommer'schen gestört haben, Kreatinin und Harnsäure, stören uns zwar bei dieser Probe nicht, denn sie bräunen sich beide nicht mit Kali, aber das Bräunen mit Kali ist im Ganzen unter den organischen Substanzen eine ziemlich häufige Erscheinung und könnte also von einem anderen uns noch nicht näher bekannten Harnbestandtheile herrühren.

Wir haben noch eine dritte Probe, die Böttger'sche Probe, kennen gelernt. Diese besteht darin, dass man zu dem Harne, welchen man vorher mit Kali versetzt hat, eine kleine Menge von basisch salpetersaurem Wismuthoxyd hinzusetzt. Die Menge muss in unserem Falle sehr klein sein (vergl. S. 229), weil wir im normalen Harn jedenfalls nur eine sehr geringe Menge von Zucker erwarten. Die Reduction findet in zweierlei Weise statt. Wenn einigermassen grössere Mengen von Zucker vorhanden sind, so wird das Wismuthsalz reducirt zu Wismuthmetall und färbt sich schwarz, wenn dagegen nur sehr kleine Mengen von Zucker darin enthalten sind, so ist der Niederschlag, der, nachdem sich die Probe geklärt hat, am Boden liegt, nur grau. Es kann die graue Farbe von Wismuthoxydul herrühren oder davon, dass noch unzersetztes Wismuthoxyd vorhanden ist und auch phosphorsaurer Kalk, welcher sich aus dem alkalisch gemachten Harne ausgeschieden und sich mit dem reducirten Metall oder Oxydul gemischt hat. Jedenfalls zeigt also auch die graue Färbung an, dass eine Reduction stattgefunden hat. Hat keine solche stattgefunden, so zeigt der Bodensatz die lichtgelbe Farbe des Wismuthoxydes.

Die Böttger'sche Probe ist nicht ganz so empfindlich, wie die Trommer'sche, wenn man bei dieser die Entfärbung berücksichtigt: denn dann kann man ihr eine fast unbegrenzte Empfindlichkeit geben, indem man nur eine sehr geringe Menge Kupfersalz zusetzt und erhitzt und dann noch eine Entfärbung bekommt. Die Böttger'sche Probe gibt indess in gewöhnlichen Fällen mit normalem Menschenharn auch ein positives Resultat und macht es wahrscheinlicher, dass wirklich Zucker im normalen Harne enthalten sei; denn, wie schon der Erfinder derselben, Böttger, angibt, reducirt keiner der bekannten normalen Harnbestandtheile das basisch salpetersaure Wismuthoxyd. Harnsäure und Kreatinin verhalten sich durchaus inactiv dabei. Wenn man mit Harnsäure oder Kreatinin die Probe anstellt, so findet man, dass sich das basisch salpetersaure Wismuthoxyd nur gelb färbt, was daher rührt, dass das Kali die Salpetersäure an sich reisst, und gelbes Wismuthoxyd zurückbleibt.

Die Böttger'sche Zuckerprobe muss mit einiger Vorsicht angestellt werden. Vor allem nehme man nicht zu viel vom basisch salpetersauren Wismuthoxyd (oder vom Wismuthoxydhydrat, wenn man sich dieses statt des Wismuthsalzes bedient. Vergl. S. 229). Eine Menge von der Grösse eines halben Stecknadelkopfes genügt für mehrere Cubikcentimeter Flüssigkeit. Erhält man bei menschlichem Harn, der nicht so verdünnt ist, dass sein specifisches Gewicht nur wenig von dem des destillirten Wassers abweicht, ein negatives Resultat, so kann man mit grosser Wahrscheinlichkeit darauf rechnen, dass man zu viel vom Wismuthsalze genommen hat, und hat die Probe zu wiederholen. Zweitens erfolgt die Reduction nicht wie bei der Trommer'schen Probe schon bei 56°, sondern erst bei 100°, und man hat deshalb die Probe zu kochen, bis sie, wenn man sie von der Flamme entfernt und dann wieder an dieselbe heranbringt, zu stossen beginnt.

Diese Probe ist ferner nicht überall anwendbar. Es können Körper, welche bleischwärzenden Schwefel enthalten, z. B. Eiweisskörper, im Urin enthalten sein; dann färbt sich das Pulver zwar auch schwarz, aber die schwarze Farbe rührt nicht sowohl von der eingetretenen Reduction als vielmehr vom gebildeten Schwefelwismuth her. Man muss deshalb immer

Zucker übersehen kann, so beträchtliche, dass sie schon als pathologisch bezeichnet werden müssen. Die Sache ist folgende. Man schüttet die Probeflüssigkeit zum Harn; um nicht zu wenig hinzuzuschütten, giesst man reichlich von der Kupferoxydlösung hinzu, dass die Farbe schön und tief blau oder grün ist, und dann erhitzt man. Entsteht kein Niederschlag, so sieht man es an, als ob kein Zucker vorhanden gewesen wäre. Möglicher Weise ist aber das Oxydul in Lösung geblieben, und die Entfärbung hat man nicht wahrgenommen, weil man eben eine überschüssige Menge der Probeflüssigkeit hinzugesetzt hat. Man hat keinen Massstab mehr dafür, wie viel man von der Probeflüssigkeit hinzusetzen soll.

Es kommt oft, namentlich bei alten Leuten vor, dass Zucker im Harne in einiger Menge enthalten ist, in grösserer Menge als im normalen Harne, dass aber daneben eine so grosse Menge von stickstoffhaltigen Substanzen vorhanden ist, dass man keinen Niederschlag bekommt. Diesen Zucker übersieht man leicht, wenn man sich der Fehling'schen oder Barreswil'schen Probeflüssigkeit bedient. Wenn man dagegen die Zuckerprobe so anstellt, wie wir sie hier angestellt haben, so wird es sogleich auffallen, dass, wenn man Kali hinzugesetzt hat und nun die verdünnte Lösung von schwefelsaurem Kupferoxyd hinzutröpfelt, man eine ungewöhnliche Menge derselben zusetzen kann, ehe auch nur eine Spur eines bleibenden Niederschlages entsteht, und wenn man erhitzt, so entfärbt sich die Probe, oder richtiger, sie wird bernsteingelb, trotz der grossen Menge von Kupferlösung, welche man hinzugesetzt hat. Manchmal kann man sich, wenn man das Glas erkalten lässt, überzeugen, dass sich nachträglich noch ein gelber Niederschlag von Kupferoxydulhydrat ausscheidet. Alle diese vorbereiteten Flüssigkeiten sind daher zu verwerfen, und die Probe ist so anzustellen, wie sie ursprünglich von Trommer angegeben worden ist. Nachdem man das Kali zum Harn hinzugefügt hat, thut man wohl zu filtriren, damit man beim Zusetzen der Kupferlösung nicht durch die vorhandene Trübung darüber getäuscht wird, ob sich das gefällte Oxydhydrat noch vollständig wieder auflöse oder nicht.

Eine zweite Probe, die einfachste von allen, welche, so viel ich weiss, ursprünglich von Pélouze angegeben wurde, besteht darin, dass man den Harn mit etwas Kali oder Natron versetzt und zusieht, ob er sich beim Erhitzen bräunt. Man stellt die Probe am besten so an, dass man von dem zu untersuchenden Harn eine Probe in ein Reagirglas giesst, Kali hinzufügt und, nachdem gut gemischt worden ist, die Hälfte der Probe in ein anderes Reagirglas überleert und erhitzt. Man bemerkt dann beim Vergleichen der beiden Hälften, dass die erhitzte dunkler gefärbt ist als die nichterhitzte. Auch diese Probe spricht dafür, dass im normalen Harn Zucker enthalten ist: denn, wenn man sie mit solchem anstellt, so ist immer die erhitzte Hälfte deutlich dunkler. Als Beweis für das Vorhandensein von Zucker im normalen Harn genügt aber auch diese Probe nicht. Die Substanzen, welche uns bei der Trommer'schen gestört haben, Kreatinin und Harnsäure, stören uns zwar bei dieser Probe nicht, denn sie bräunen sich beide nicht mit Kali, aber das Bräunen mit Kali ist im Ganzen unter den organischen Substanzen eine ziemlich häufige Erscheinung und könnte also von einem anderen uns noch nicht näher bekannten Harnbestandtheile herrühren.

Wir haben noch eine dritte Probe, die Böttger'sche Probe, kennen gelernt. Diese besteht darin, dass man zu dem Harne, welchen man vorher mit Kali versetzt hat, eine kleine Menge von basisch salpetersaurem Wismuthoxyd hinzusetzt. Die Menge muss in unserem Falle sehr klein sein (vergl. S. 229), weil wir im normalen Harn jedenfalls nur eine sehr geringe Menge von Zucker erwarten. Die Reduction findet in zweierlei Weise statt. Wenn einigermassen grössere Mengen von Zucker vorhanden sind, so wird das Wismuthsalz reducirt zu Wismuthmetall und färbt sich schwarz, wenn dagegen nur sehr kleine Mengen von Zucker darin enthalten sind, so ist der Niederschlag, der, nachdem sich die Probe geklärt hat, am Boden liegt, nur grau. Es kann die graue Farbe von Wismuthoxydul herrühren oder davon, dass noch unzersetztes Wismuthoxyd vorhanden ist und auch phosphorsaurer Kalk, welcher sich aus dem alkalisch gemachten Harne ausgeschieden und sich mit dem reducirten Metall oder Oxydul gemischt hat. Jedenfalls zeigt also auch die graue Färbung an, dass eine Reduction stattgefunden hat. Hat keine solche stattgefunden, so zeigt der Bodensatz die lichtgelbe Farbe des Wismuthoxydes.

Die Böttger'sche Probe ist nicht ganz so empfindlich, wie die Trommer'sche, wenn man bei dieser die Entfärbung berücksichtigt: denn dann kann man ihr eine fast unbegrenzte Empfindlichkeit geben, indem man nur eine sehr geringe Menge Kupfersalz zusetzt und erhitzt und dann noch eine Entfärbung bekommt. Die Böttger'sche Probe gibt indess in gewöhnlichen Fällen mit normalem Menschenharn auch ein positives Resultat und macht es wahrscheinlicher, dass wirklich Zucker im normalen Harne enthalten sei; denn, wie schon der Erfinder derselben, Böttger, angibt, reducirt keiner der bekannten normalen Harnbestandtheile das basisch salpetersaure Wismuthoxyd. Harnsäure und Kreatinin verhalten sich durchaus inactiv dabei. Wenn man mit Harnsäure oder Kreatinin die Probe anstellt, so findet man, dass sich das basisch salpetersaure Wismuthoxyd nur gelb färbt, was daher rührt, dass das Kali die Salpetersäure an sich reisst, und gelbes Wismuthoxyd zurückbleibt.

Die Böttger'sche Zuckerprobe muss mit einiger Vorsicht angestellt werden. Vor allem nehme man nicht zu viel vom basisch salpetersauren Wismuthoxyd (oder vom Wismuthoxydhydrat, wenn man sich dieses statt des Wismuthsalzes bedient. Vergl. S. 229). Eine Menge von der Grösse eines halben Stecknadelkopfes genügt für mehrere Cubikcentimeter Flüssigkeit. Erhält man bei menschlichem Harn, der nicht so verdünnt ist, dass sein specifisches Gewicht nur wenig von dem des destillirten Wassers abweicht, ein negatives Resultat, so kann man mit grosser Wahrscheinlichkeit darauf rechnen, dass man zu viel vom Wismuthsalze genommen hat, und hat die Probe zu wiederholen. Zweitens erfolgt die Reduction nicht wie bei der Trommer'schen Probe schon bei 56°, sondern erst bei 100°, und man hat deshalb die Probe zu kochen, bis sie, wenn man sie von der Flamme entfernt und dann wieder an dieselbe heranbringt, zu stossen beginnt.

Diese Probe ist ferner nicht überall anwendbar. Es können Körper, welche bleischwärzenden Schwefel enthalten, z. B. Eiweisskörper, im Urin enthalten sein; dann färbt sich das Pulver zwar auch schwarz, aber die schwarze Farbe rührt nicht sowohl von der eingetretenen Reduction als vielmehr vom gebildeten Schwefelwismuth her. Man muss deshalb immer

Zucker übersehen kann, so beträchtliche, dass sie schon als pathologisch bezeichnet werden müssen. Die Sache ist folgende. Man schüttet die Probeflüssigkeit zum Harn; um nicht zu wenig hinzuzuschütten, giesst man reichlich von der Kupferoxydlösung hinzu, dass die Farbe schön und tief blau oder grün ist, und dann erhitzt man. Entsteht kein Niederschlag, so sieht man es an, als ob kein Zucker vorhanden gewesen wäre. Möglicher Weise ist aber das Oxydul in Lösung geblieben, und die Entfärbung hat man nicht wahrgenommen, weil man eben eine überschüssige Menge der Probeflüssigkeit hinzugesetzt hat. Man hat keinen Massstab mehr dafür, wie viel man von der Probeflüssigkeit hinzusetzen soll.

Es kommt oft, namentlich bei alten Leuten vor, dass Zucker im Harne in einiger Menge enthalten ist, in grösserer Menge als im normalen Harne, dass aber daneben eine so grosse Menge von stickstoffhaltigen Substanzen vorhanden ist, dass man keinen Niederschlag bekommt. Diesen Zucker übersieht man leicht, wenn man sich der Fehling'schen oder Barreswil'schen Probeflüssigkeit bedient. Wenn man dagegen die Zuckerprobe so anstellt, wie wir sie hier angestellt haben, so wird es sogleich auffallen, dass, wenn man Kali hinzugesetzt hat und nun die verdünnte Lösung von schwefelsaurem Kupferoxyd hinzutröpfelt, man eine ungewöhnliche Menge derselben zusetzen kann, ehe auch nur eine Spur eines bleibenden Niederschlages entsteht, und wenn man erhitzt, so entfärbt sich die Probe, oder richtiger, sie wird bernsteingelb, trotz der grossen Menge von Kupferlösung, welche man hinzugesetzt hat. Manchmal kann man sich, wenn man das Glas erkalten lässt, überzeugen, dass sich nachträglich noch ein gelber Niederschlag von Kupferoxydulhydrat ausscheidet. Alle diese vorbereiteten Flüssigkeiten sind daher zu verwerfen, und die Probe ist so anzustellen, wie sie ursprünglich von Trommer angegeben worden ist. Nachdem man das Kali zum Harn hinzugefügt hat, thut man wohl zu filtriren, damit man beim Zusetzen der Kupferlösung nicht durch die vorhandene Trübung darüber getäuscht wird, ob sich das gefällte Oxydhydrat noch vollständig wieder auflöse oder nicht.

Eine zweite Probe, die einfachste von allen, welche, so viel ich weiss, ursprünglich von Pélouze angegeben wurde, besteht darin, dass man den Harn mit etwas Kali oder Natron versetzt und zusieht, ob er sich beim Erhitzen bräunt. Man stellt die Probe am besten so an, dass man von dem zu untersuchenden Harn eine Probe in ein Reagirglas giesst, Kali hinzufügt und, nachdem gut gemischt worden ist, die Hälfte der Probe in ein anderes Reagirglas überleert und erhitzt. Man bemerkt dann beim Vergleichen der beiden Hälften, dass die erhitzte dunkler gefärbt ist als die nichterhitzte. Auch diese Probe spricht dafür, dass im normalen Harn Zucker enthalten ist: denn, wenn man sie mit solchem anstellt, so ist immer die erhitzte Hälfte deutlich dunkler. Als Beweis für das Vorhandensein von Zucker im normalen Harn genügt aber auch diese Probe nicht. Die Substanzen, welche uns bei der Trommer'schen gestört haben, Kreatinin und Harnsäure, stören uns zwar bei dieser Probe nicht, denn sie bräunen sich beide nicht mit Kali, aber das Bräunen mit Kali ist im Ganzen unter den organischen Substanzen eine ziemlich häufige Erscheinung und könnte also von einem anderen uns noch nicht näher bekannten Harnbestandtheile herrühren.

Wir haben noch eine dritte Probe, die Böttger'sche Probe, kennen gelernt. Diese besteht darin, dass man zu dem Harne, welchen man vorher mit Kali versetzt hat, eine kleine Menge von basisch salpetersaurem Wismuthoxyd hinzusetzt. Die Menge muss in unserem Falle sehr klein sein (vergl. S. 229), weil wir im normalen Harn jedenfalls nur eine sehr geringe Menge von Zucker erwarten. Die Reduction findet in zweierlei Weise statt. Wenn einigermassen grössere Mengen von Zucker vorhanden sind, so wird das Wismuthsalz reducirt zu Wismuthmetall und färbt sich schwarz, wenn dagegen nur sehr kleine Mengen von Zucker darin enthalten sind, so ist der Niederschlag, der, nachdem sich die Probe geklärt hat, am Boden liegt, nur grau. Es kann die graue Farbe von Wismuthoxydul herrühren oder davon, dass noch unzersetztes Wismuthoxyd vorhanden ist und auch phosphorsaurer Kalk, welcher sich aus dem alkalisch gemachten Harne ausgeschieden und sich mit dem reducirten Metall oder Oxydul gemischt hat. Jedenfalls zeigt also auch die graue Färbung an, dass eine Reduction stattgefunden hat. Hat keine solche stattgefunden, so zeigt der Bodensatz die lichtgelbe Farbe des Wismuthoxydes.

Die Böttger'sche Probe ist nicht ganz so empfindlich, wie die Trommer'sche, wenn man bei dieser die Entfärbung berücksichtigt: denn dann kann man ihr eine fast unbegrenzte Empfindlichkeit geben, indem man nur eine sehr geringe Menge Kupfersalz zusetzt und erhitzt und dann noch eine Entfärbung bekommt. Die Böttger'sche Probe gibt indess in gewöhnlichen Fällen mit normalem Menschenharn auch ein positives Resultat und macht es wahrscheinlicher, dass wirklich Zucker im normalen Harne enthalten sei; denn, wie schon der Erfinder derselben, Böttger, angibt, reducirt keiner der bekannten normalen Harnbestandtheile das basisch salpetersaure Wismuthoxyd. Harnsäure und Kreatinin verhalten sich durchaus inactiv dabei. Wenn man mit Harnsäure oder Kreatinin die Probe anstellt, so findet man, dass sich das basisch salpetersaure Wismuthoxyd nur gelb färbt, was daher rührt, dass das Kali die Salpetersäure an sich reisst, und gelbes Wismuthoxyd zurückbleibt.

Die Böttger'sche Zuckerprobe muss mit einiger Vorsicht angestellt werden. Vor allem nehme man nicht zu viel vom basisch salpetersauren Wismuthoxyd (oder vom Wismuthoxydhydrat, wenn man sich dieses statt des Wismuthsalzes bedient. Vergl. S. 229). Eine Menge von der Grösse eines halben Stecknadelkopfes genügt für mehrere Cubikcentimeter Flüssigkeit. Erhält man bei menschlichem Harn, der nicht so verdünnt ist, dass sein specifisches Gewicht nur wenig von dem des destillirten Wassers abweicht, ein negatives Resultat, so kann man mit grosser Wahrscheinlichkeit darauf rechnen, dass man zu viel vom Wismuthsalze genommen hat, und hat die Probe zu wiederholen. Zweitens erfolgt die Reduction nicht wie bei der Trommer'schen Probe schon bei 56°, sondern erst bei 100°, und man hat deshalb die Probe zu kochen, bis sie, wenn man sie von der Flamme entfernt und dann wieder an dieselbe heranbringt, zu stossen beginnt.

Diese Probe ist ferner nicht überall anwendbar. Es können Körper, welche bleischwärzenden Schwefel enthalten, z. B. Eiweisskörper, im Urin enthalten sein; dann färbt sich das Pulver zwar auch schwarz, aber die schwarze Farbe rührt nicht sowohl von der eingetretenen Reduction als vielmehr vom gebildeten Schwefelwismuth her. Man muss deshalb immer

eine Gegenprobe machen, man muss eine Probe Harns mit Kali versetzen, eine kleine Menge von fein gepulvertem Bleioxyd oder einen Tropfen von der Lösung eines Bleisalzes hinzusetzen und dann erhitzen. Wenn sich Schwefelwismuth gebildet hat, so muss sich auch Schwefelblei bilden, was man an der braunschwarzen bis schwarzen Farbe erkennt.

Es handelt sich nun darum die kleinen Mengen von Zucker, welche im normalen Harne sind, von den übrigen Bestandtheilen so weit zu trennen, dass die Reactionen so eintreten, wie sie bei einigermassen reinen Zuckerlösungen einzutreten pflegen. Zu dem Ende habe ich zuerst folgendes Verfahren eingeschlagen. Es wird frischer Harn mit so viel Alkohol versetzt, dass er 80 Volumprocent absoluten Alkohol enthält. Man nimmt dazu Alkohol, der wenigstens 94 Volumprocente an absolutem Alkohol enthält; man nimmt ihn nicht verdünnter, damit man nicht zu viel Flüssigkeit bekommt. Nun filtrirt man von den ausgeschiedenen im verdünnten Alkohol schwer löslichen Salzen ab; dann setzt man so viel von einer verdünnten alkoholischen Kalilösung hinzu, dass ein richtig bereitetes rothes Lakmuspapier sich eben blau färbt, aber nicht mehr. Jeder Zusatz darüber ist schädlich und verdirbt das ganze Verfahren. Jetzt bringt man das Glas, in welchem sich die Flüssigkeit befindet, in einen möglichst kalten Raum und lässt sie dort stehen, bis sie sich geklärt hat, was gewöhnlich nach 24 Stunden geschehen ist. Hierauf giesst man sie vorsichtig aus und stürzt das Glas auf Fliesspapier um. Man wird nun bemerken, dass es an seinen Wandungen einen Beleg hat, entweder nur als ob es angehaucht wäre, oder in Form eines krystallinischen Ueberzuges, der dem Glase das Ansehen einer gefrorenen Fensterscheibe gibt. Dieser Beleg besteht aus Salzen, welche sich ausgeschieden haben, zugleich enthält er aber einen Theil des Zuckers des Harnes, welcher sich als Zuckerkali vielleicht auch als Zuckerkalk oder Zuckermagnesia mit den Krystallen ausgeschieden hat. Wenn die noch ausrinnende Flüssigkeit in das Fliesspapier eingezogen ist, so löst man den Beleg in wenig Wasser auf, und stellt mit dieser Lösung nun Zuckerproben an. Da man hier fast gar keine andern verunreinigenden Substanzen hat als die Salze, so gelingt die Trommer'sche Probe in der gewöhnlichen Weise, d. h. es scheidet sich rothes Oxydul aus, und die Böttger'sche Probe und die Kaliprobe geben gleichfalls ein positives Resultat. Man hat behauptet, dass man bei diesem Verfahren durch die Harnsäure getäuscht werden könne. Das wäre aber nur dann möglich, wenn man die Trommer'sche Probe allein anstellen würde. Wenn man die Böttger'sche Probe anwendet, kann man überhaupt niemals durch Harnsäure getäuscht werden, weil bei dieser keine Reduction durch Harnsäure stattfindet.

Es ist ferner gesagt worden, es könne sich hier kein Zucker ausgeschieden haben, weil sich Zuckerkali erst aus wässeriger Lösung ausscheide, wenn man so viel Weingeist zusetzt, dass das Gemisch 90 Procent absoluten Alkohols enthält. Ich muss aber bemerken, dass ich meine Versuche bei sehr niederer Temperatur angestellt habe — die Flüssigkeit stand 24 Stunden in einem Raume, der den ganzen Winter nicht geheizt wurde — und dass ich stets sehr genau die Reaction beobachtete. Uebrigens enthält der Harn ausser Kali nicht nur Natron sondern auch Kalk oder Magnesia, und es ist sehr wohl möglich, dass die Zuckerverbindung einer dieser Basen sich schon bei geringerem Alkoholgehalt der Flüssigkeit ausscheidet.

Es ist endlich gesagt worden, ich hätte dieses Verfahren verlassen und ein anderes aufgesucht, weil ich es selbst für unzuverlässig gehalten hätte. Nun kann man eine Probe in zweierlei Richtung für unzuverlässig halten, man kann eine Zuckerprobe für unzuverlässig halten, insofern als sie Zucker vortäuschen könnte, wo keiner ist; man kann sie aber auch für unzuverlässig halten, weil einem Zucker entgehen könnte, wo derselbe vorhanden ist. Bei mir war das Letztere der Fall. Es hat mich dieses Verfahren in mehreren Fällen im Stiche gelassen, wo das Resultat der verschiedenen am frischen Urin angestellten Proben mit hoher Wahrscheinlichkeit erwarten liess, dass doch Zucker im Harne sei. Ich habe deshalb noch einen andern Weg eingeschlagen. Dieser bestand darin, dass ich zuerst den Harn mit neutralem, dann mit basischem essigsauren Blei ausfällte und endlich zu dem Filtrat noch Ammoniak hinzusetzte, ganz in der Weise, wie man es macht, um die indigobildende Substanz darzustellen. Hierauf aber zersetzte ich nicht mit Salzsäure, sondern ich versetzte den Ammoniakniederschlag mit einer kalten Lösung von Oxalsäure. Dann bildet sich kein Indigo, weil die indigobildende Substanz dabei nicht zersetzt wird, aber die Flüssigkeit enthält Zucker. Wenn man die Bleiniederschläge näher untersucht, so findet man, dass mit dem gewöhnlichen essigsauren Blei kein Zucker oder wenigstens nur Spuren davon herausgefällt werden, dass aber auf Zusatz von basisch essigsaurem Blei schon Zucker herausfällt, und zwar um so mehr, je mehr Zucker im Harne ist, also im diabetischen Harne schon in ziemlicher Menge: die grösste Menge von Zucker ist aber in dem Niederschlage enthalten, der durch Ammoniak hervorgebracht wird. Dass schon auf Zusatz von basisch essigsaurem Blei Zucker herausfällt, ist auf den ersten Anblick einigermassen auffallend, weil eine reine Harnzuckerlösung durch basisch essigsaures Blei nicht gefällt wird. Wir haben es hier mit der übrigens nicht seltenen Erscheinung zu thun, dass eine Substanz, die an und für sich im reinen Zustande aus einer Flüssigkeit durch ein Reagens nicht ausgefällt wird, in Folge des Vorhandenseins anderer Substanzen in der Flüssigkeit beim Fällen mit demselben Reagens mitgerissen wird.

Auch dieses Verfahren genügt um den Zucker des normalen Harns so weit von den übrigen Substanzen abzuscheiden, dass bei der Trommer-schen Probe ein rother oder gelber Niederschlag erscheint.

Ich habe mich endlich dieser beiden Methoden bedient, um den Zucker so weit zu reinigen, dass er der Gährungsprobe unterworfen werden konnte, und es hat sich auch hier gezeigt, dass man es wirklich mit Zucker zu thun hatte, indem sich Kohlensäure in messbarer Menge entwickelte, und die Gegenprobe, die mit einer gleichen Quantität von derselben Hefe angestellt wurde, zeigte, dass die Kohlensäure wirklich aus dem Zucker der Probe und nicht aus der Hefe stammte. Zu demselben Resultate ist auch später Kühne gekommen, und Bence Jones hat diese Gährungsversuche noch mehr im Grossen angestellt und nicht nur die Kohlensäure, sondern auch das zweite Gährungsproduct, den Alkohol, nachgewiesen. Endlich ist später noch eine Arbeit von Huzinga erschienen, in welcher sich derselbe noch auf einem andern Wege, mit Hilfe der Reductionsprobe mittelst Molybdänsäure, von dem Vorhandensein von Zucker im normalen Harne überzeugt hat.

Wir können also die Zuckerausscheidungen in grösserer Menge, wie sie im Diabetes stattfinden, nicht als etwas durchaus Neues ansehen, sondern nur als eine Vermehrung einer normalen Ausscheidung, eine Vermehrung, die eben deshalb eintritt, weil eine die normale Menge weit übersteigende Quantität von Zucker im Blute enthalten ist. Es ist aber durchaus unrichtig zu glauben, dass bei Ausscheidungen ungewöhnlicher Zuckermengen in allen Fällen ein unheilbarer Krankheitsprocess zu Grunde liege. Erstens ist es bei Schwangeren und bei Säugenden gar nicht ungewöhnlich, dass sie das gewöhnliche Mass weit überschreitende Mengen von Zucker im Urin ausscheiden. Sie scheiden oft so viel Zucker aus, dass die Trommer'sche Probe einen reichlichen gelben Niederschlag gibt. In anderen Fällen wird der Harn bei der Trommer'schen Probe trüb und dabei grünlich oder lehmfarben. Dies beruht häufig auf Ausscheidung von Kupferoxydulhydrat oder Kupferoxydul in geringerer Menge und in sehr fein vertheiltem Zustande, so dass es sich schwer absetzt. Die grüne Farbe rührt dann davon her, dass in blaugrüner Flüssigkeit gelbes Oxydulhydrat, die Lehmfarbe davon, dass in ihr rothes Oxydul suspendirt ist. Um das Absetzen des Pulvers zu befördern, stellt man die Gläser in kaltes Wasser und in einen dunklen Raum. Wenn die Trübung sich auch dann nicht so absetzt, dass der Niederschlag seine Farbe deutlich zeigt, so darf sie nicht ohne Weiteres für die Diagnose verwerthet werden: denn fein vertheilte blaue oder blaugrüne Substanzen, in unserem Falle also Oxydverbindungen, können in gelber Flüssigkeit eine grüne Trübung hervorrufen.

Es kommen aber auch bei männlichen Individuen bedeutende Zuckerausscheidungen, ohne besondere pathologische Erscheinungen vor. Das wurde zuerst von einem jungen Manne beobachtet, welcher in einem chemischen Laboratorium arbeitete und sich auf die Zuckerproben einübte. Er untersuchte seinen eigenen Urin und bemerkte zu seinem Schrecken, dass er Zucker enthalte. Diese Ausscheidung abnorm grosser Zuckermengen dauerte einige Monate, ohne dass er darunter irgendwie litt. Einen ähnlichen Fall habe ich selbst an einem etwa zweiundzwanzigjährigen Manne beobachtet, welcher auf demselben Wege ganz zufällig so bedeutende Zuckermengen in seinem Harne fand, dass bei der Trommerschen Probe ohne Weiteres ein reichlicher gelber Niederschlag entstand. Dieser Fall mag etwa 10 Jahre her sein, der junge Mann hat seitdem einen schweren Rheumatismus durchgemacht, ist übrigens gesund und hat den grössten Theil der Zeit in angestrengter ärztlicher und amtlicher Thätigkeit zugebracht. Der auffallendste Fall dieser Art ist ein Diabetes, welcher in fünf Tagen verlief. Es war die Menge der Flüssigkeit, welche ausgeschieden wurde, so bedeutend, dass diese den Patienten darauf aufmerksam machte, dass ein pathologischer Zustand vorhanden sei. Es wurde eine grosse Menge eines ganz blassen Urins ausgeleert, und in der That zeigte die Untersuchung, dass in dem Harne eine pathologische Menge von Zucker enthalten sei. Sie betrug nach einer Bestimmung, die ich mit dem Mitscherlich'schen Polarisationsapparat machte, 20 Gramme im Liter; nichts desto weniger war nach vier Tagen die ganze Erscheinung verschwunden. Nach mehr als zehn Jahren, im Winter 1874, veranlasste häufiger Drang zum Harnlassen mit reichlichem blassen Urin dasselbe Individuum wieder seinen Harn untersuchen zu lassen. Der

Zucker war vermehrt, aber, wie schon die qualitativen Proben zeigten, in so geringem Masse, dass keine quantitative Bestimmung gemacht wurde. Mit Eintritt der warmen Witterung verschwanden die Erscheinungen, und der Harn, den ich jetzt wieder zur Untersuchung bekam, zeigte nichts abnormes.

Da die dauernde pathologische Zuckerausscheidung eine schwere Krankheit begründet, und in derselben die Kenntniss von der Menge des ausgeschiedenen Zuckers von wesentlicher prognostischer Bedeutung ist, so ist es uns auch darum zu thun den Zucker quantitativ bestimmen zu können. Hiezu sind verschiedene Wege eingeschlagen worden.

Erstens kann man den Zucker, wie dies häufig geschieht, aus dem specifischen Gewichte des Harnes bestimmen. Es ist dies das einfachste, aber auch das roheste und ungenaueste Verfahren. Da beim diabetischen Urin, wenn grosse Mengen von Flüssigkeit gelassen werden, die Menge der anderweitigen Harnbestandtheile, weil sie sich auf diese grosse Wassermasse vertheilt, sehr gering ist, so geht das specifische Gewicht nahezu parallel mit dem Zuckergehalte des Harnes. Wenn also das specifische Gewicht des Harnes zunimmt, nimmt auch der Zucker zu, und wenn das specifische Gewicht des Harnes abnimmt, nimmt auch der Zucker ab. Wenn man dabei zugleich die Menge des binnen 24 Stunden gelassenen Urins berücksichtigt, so kann man eine ungefähre Vorstellung darüber gewinnen, in wie weit die Menge des in 24 Stunden ausgeschiedenen Zuckers im Steigen oder im Fallen ist. Auf die Fälle, in denen kleinere Zuckermengen ausgeschieden werden, und der Harn noch reich an andern wesentlichen Harnbestandtheilen ist, findet dies Verfahren keine Anwendung.

Man kann ferner den Zucker im diabetischen Harn bestimmen durch Gährung. Man versetzt letzteren mit etwas Hefe, lässt ihn vergähren, destillirt etwa zwei Drittel der Flüssigkeit ab, bestimmt das specifische Gewicht des Destillates und berechnet nach einer Alkoholtabelle die Menge des Alkohols, welche darin enthalten ist. Man kann den Zucker auch aus der Menge der bei der Gährung entwickelten Kohlensäure bestimmen. Man geht dabei folgendermassen zu Werke. Man nimmt die beiden Kolben *Z* und *S* Fig. 39, deren jeder einen doppelt durchbohrten Kork hat. *Z* enthält den zuckerhaltigen Urin in gemessener Menge, *S* concentrirte Schwefelsäure. Beide sind durch das Rohr *m* mit einander verbunden. Dasselbe durchbohrt in *Z* nur den Kork, in *S* aber reicht er bis unter das Niveau der Schwefelsäure. Das Rohr *e* durchbohrt den Kork von *S*, das Rohr *c* den Kork von *Z*, und letzteres reicht bis unter das Niveau des hineingemessenen Urins, den man mit etwas Hefe und ein wenig Weinsäure versetzt hat. Nachdem das Ganze zusammengestellt ist, wird es als Ganzes gewogen und dann so lange einer Temperatur von 20 bis 25° C. ausgesetzt, bis die Gährung beendigt ist, was man daran erkennt, dass sich keine Kohlensäure mehr entwickelt, und die Flüssigkeit in *Z* sich

Fig. 39.



klärt. Nun setzt man mittelst Kautschukverbindung an *e* ein Saugrohr und saugt so lange trockene atmosphärische Luft durch, bis die ganze Kohlensäure, welche sich in *Z* angesammelt hatte, herausgesaugt und durch atmosphärische Luft ersetzt ist. Darauf wägt man den ganzen Apparat sammt Inhalt wieder. Die Differenz zwischen der Wägung vor, und der Wägung nach der Gährung gibt die Kohlensäure, welche bei der Gährung gebildet und entwichen ist, und aus dieser berechnet man die Menge des zerfallenen Zuckers.

Eine dritte auf Gährung basirte Methode besteht darin, dass man das specifische Gewicht des Harnes vor und nach der Gährung nimmt, und aus der Differenz nach einer empirischen Formel die Menge des in Kohlensäure und Alkohol zerfallenen Zuckers bestimmt.

Die Gährungsmethoden, wenigstens die beiden zuerst erwähnten, beruhen auf der Voraussetzung, dass der Zucker geradeauf in Kohlensäure und Alkohol zerfällt, und dass sich keine Nebenproducte bilden. Diese Voraussetzung ist aber nicht richtig. Selbst in einer reinen Zuckerlösung kann man die Gährung nie so leiten, dass nicht auch Nebenproducte entstünden, so dass also die Rechnung immer ungenau ausfällt. Noch weniger gelingt dies mit zuckerhaltigem Harne. Deshalb, und weil diese Proben verhältnissmässig zeitraubend sind, werden sie wenig ausgeführt, und man hält sich vielmehr an die optische Bestimmung und an die Bestimmung des Zuckers mittelst schwefelsaurem Kupferoxyd.

Die leichteste und die bequemste Methode der Zuckerbestimmung ist die mit dem Polarisationsapparate. Man bestimmt die Menge des Zuckers aus der Drehung der Polarisationsebene. Leider haben aber die Untersuchungen von Tscherinoff nachgewiesen, dass diese Methode nicht genau ist, denn, wenn man den Zucker daneben möglichst sorgfältig auf chemischem Wege mittelst Kupferoxydlösung bestimmt, so findet man, dass ein Theilstrich, welcher einem Gramm Zucker in 100 Ccm. Harn entsprechen soll, bei irgend einem Harn einmal nur 0,900 Gramm entspricht, und dass er bei einem andern Harn z. B. 1,11 Gramm entspricht, während sich wieder andere Harne zwischen beide erwähnte Beispiele stellen.

Den Umstand, dass mehr Zucker durch die chemische Analyse gefunden worden ist, als mit dem Polarisationsapparate gefunden wurde, könnte man daraus erklären, dass noch andere reducirende Substanzen im Harne gewesen sind. Aber diese Versuche wurden an einem Kranken, welcher in sehr hohem Grade an Diabetes litt, angestellt, bei welchem grosse Mengen von Zucker und so grosse Mengen von Urin gelassen wurden, dass in der einzelnen Urinprobe gar keine durch Salzsäure abscheidbare Harnsäure mehr gefunden wurde, und schon Winogradow hat darauf aufmerksam gemacht, dass in so hohen Graden von Diabetes mit den übrigen stickstoffhaltigen Bestandtheilen meistens auch das Kreatinin in seiner Menge sehr vermindert wird. Der Fehler, der auf diese Weise entstehen konnte, und der dann auf Seite der chemischen Analyse war, war sicherlich sehr gering. Es kann aber auch aus diesem Umstande durchaus nicht erklärt werden, wie gelegentlich durch die chemische Analyse weniger Zucker im Urin gefunden wurde, als der Polarisationsapparat angab. Dies kann nur erklärt werden entweder dadurch, dass zugleich ein linksdrehender Zucker im Urin enthalten war

oder eine andere linksdrehende Substanz — von der Abwesenheit von Eiweiss hatte sich Tscherinoff natürlich jedesmal überzeugt — oder dass ein inactiver Zucker, ein Zucker, welcher gar nicht dreht oder einer, der ein geringeres Drehungsvermögen besitzt, als der gewöhnliche Harnzucker, im Harne enthalten war.

Man kann sich bei der Bestimmung durch den Polarisationsapparat nach den vorliegenden Daten leicht um ein Zehntheil der gesammten Menge des Zuckers nach abwärts oder nach aufwärts irren. Wenn man eine Reihe von vergleichenden Bestimmungen dieser Art an einem einzelnen Kranken macht, so findet man, dass die nahe aneinanderstehenden untereinander gut übereinstimmen, aber dass dann zu irgend einer Zeit eine Aenderung eintritt, und nun die optische und chemische Analyse nicht mehr mit einander übereinstimmen, während sie früher mit einander stimmten, oder dass sie jetzt eine wesentlich andere Differenz zeigen als diejenige, welche sie früher charakterisirte. Eine Schwierigkeit bei dem optischen Untersuchen liegt darin, dass der Harn in den Fällen, in welchen keine Polyurie vorhanden ist, stark gefärbt ist, und man deshalb mit dem Mitscherlich'schen Polarisationsapparate (Seite 230) nicht auf die Teinte de passage einstellen kann. Dann legt man vor das Ocular des Polarisationsapparates ein nicht zu dunkles mit Kupferoxydul roth gefärbtes Glas, eines von den gewöhnlichen überfangenen Gläsern, wie sie jetzt allgemein im Handel vorkommen. Man muss natürlich jetzt den Winkel α corrigiren, weil dieser für die Teinte de passage berechnet ist, und muss den Winkel α für die Ablenkung des rothen Strahles nehmen.

Man schreibt dem wasserfreien Traubenzucker für die Teinte de passage und ebenso für das gelbe Licht ein specifisches Drehungsvermögen von $+ 56^0$ zu und nimmt an, dass man dieses mit $\frac{23}{30}$ zu multipliciren habe, um das specifische Drehungsvermögen für das rothe Licht zu erhalten. Dies würde also ein specifisches Drehungsvermögen von $42^0\ 56'$ geben. Aus den Versuchen, die Tscherinoff mit dem Mitscherlich'schen Polarisationsapparate bei gewöhnlicher Zimmertemperatur und bei Lampenlicht mit unentfärbtem diabetischem Harn und ohne Anwendung des rothen Glases anstellte, ergibt sich das specifische Drehungsvermögen des als krystallisirt gedachten Harnzuckers im Mittel zu $48^0\ 1'$, für den als wasserfrei gedachten ein specifisches Drehungsvermögen von $52^0\ 8'$. Gearbeitet wurde mit einem Mitscherlich'schen Polarisationsapparate von 200 Mm. Röhrenlänge. Da 1 Decimeter die conventionelle Einheit für die Röhrenlänge ist, so ist in der Formel $[\alpha] = \frac{a}{dl}$ (S. 231) $l = 2$ zu setzen, d ist die Concentration ausgedrückt nach dem Volum, also die Anzahl der Gramme Zucker, die in 1000 Cubikcentimeter, also im Liter Harn enthalten sind, dividirt durch Tausend. Es gibt dies, wenn wir den obigen Werth $48^0\ 1'$ für $[\alpha]$ einsetzen, dass jeder Grad Rotation an diesem Instrumente und unter diesen Umständen einen Gehalt von 10,39 Gramm krystallisirten Harnzucker für das Liter repräsentirt, oder richtiger gesagt, dass diese Zahl als die mittlere aus einer Anzahl von Versuchen die meiste Wahrscheinlichkeit der Näherung für sich hat.

Leopold Weiss hat indessen darauf aufmerksam gemacht, dass wegen der verschiedenen Färbung der rothen Ueberfanggläser der Factor $\frac{23}{30}$

keine allgemeine Geltung hat. Man muss den Reductionsfactor deshalb für das Glas, welches man anwendet, eigens bestimmen, was am besten geschieht, wenn man unter Anwendung einer farblosen Rohrzuckerlösung vergleichende Ablesungen macht ohne rothes Glas und mit demselben und ihn aus den Resultaten dieser Ablesungen berechnet. Weiss hat auch nachgewiesen, dass die Werthe nicht ganz gleich sind, welche man für farblose Flüssigkeiten erhält, wenn man einmal bei Tages- oder Lampenlicht auf Teinte de passage, das andere Mal bei Natronlicht auf dunkel einstellt: der erstere Werth verhält sich zum letzteren wie 104 zu 100. Er fand ferner, dass sehr blasse Urine, bei gewöhnlichem Lampenlicht untersucht, dieselben Werthe geben, wie bei Natronlicht, die tiefgefärbten dagegen solche, wie bei rothem Licht. Da die tiefgefärbten Urine bei gewöhnlichem Lampen- und Tageslicht mit den Mitscherlich'schen Polarisationsapparate schwer zu untersuchen sind, so wendete er als Beleuchtungsmittel die Harnacker'sche Lampe an. Gleiche Dienste leistet natürlich jede andere ähnlich kräftige Lichtquelle.

Cornu hat in neuerer Zeit einen modificirten Polarisationsapparat angegeben, über welchen ich noch keine Erfahrung habe. Er schneidet das polarisirende, das der Lichtquelle zugewendete Nicol'sche Prisma der Länge nach durch und schleift die wieder zusammenzukittenden Flächen um ein ganz Geringes schief ab. Wenn er nun das Prisma wieder zusammenkittet und es einlegt, so ist das Sehfeld niemals ganz dunkel, denn wenn es für die eine Hälfte des Nicol ganz dunkel ist, ist es für die andere Hälfte des Nicol heller. Da er nun den optischen Theil seines Instrumentes so einrichtet, dass das Nicol selbst in der Entfernung des deutlichen Sehens ist, so kann er jetzt so einstellen — und darauf beruht die Genauigkeit der Einstellung — dass beide Hälften des Nicol, dass beide Hälften des Gesichtsfeldes gleich hell sind.

Einen complicirteren, kostspieligeren, aber für reine Zuckerlösungen höchst vortrefflichen Apparat hat Soleil erfunden, und derselbe ist später noch durch Ventzke modificirt worden. Er beruht auf einer Drehung, welche durch Quarzplatten hervorgebracht wird, und auf Compensation durch Quarzkeile. Ich gehe auf seine Construction nicht näher ein, weil er für die Untersuchung des Urins keine wesentlichen Vortheile bietet. Wir haben gesehen, dass man bei jeder optischen Untersuchung des Harnes doch um ein Zehntheil der ganzen gefundenen Menge irren kann: man hat also wenig Vortheil davon, dass man einen Apparat besitzt, der für reine Zuckerlösungen in der That genauere Angaben macht, als der Mitscherlich'sche. Ueberdies zeigt dieser Soleil-Ventzke'sche Apparat seine ganze Ueberlegenheit nur bei farblosen Flüssigkeiten, während der zu untersuchende Urin, manche Fälle von sehr schwerem Diabetes ausgenommen, mehr oder weniger stark gefärbt ist. Man hat, um besser zu arbeiten, den Urin mit Thierkohle entfärbt oder mit Bleiessig ausgefällt, aber um zu controliren, wie sich dadurch der Zuckergehalt verändert habe, gibt es doch wieder kein anderes Mittel als den unpräparirten und nur, falls er trüb war, filtrirten Urin zu untersuchen. In neuerer Zeit wird häufig das Polaristrobometer von H. Wild benützt, ein modificirtes Savart'sches Polariskop, das eine noch grössere Genauigkeit der Einstellung zulässt, als der Apparat von Soleil, und das vorzüglich gut im homogenen Lichte, namentlich mit der Natronflamme, zu gebrauchen ist.

Leider aber werden seine Vorzüge aus dem obenerwähnten Grunde für unseren Zweck auch illusorisch. Beim Polaristrobometer wird auf das Verschwinden eines Systems von Interferenzstreifen eingestellt, das durch doppelbrechende Platten hervorgebracht ist. Die Rechnung ist ganz so, wie bei dem Mitscherlich'schen Instrumente, und in der Formel $[\alpha] = \frac{a}{dl}$ bedeutet wiederum a den abgelesenen Drehungswinkel und l die Länge der Flüssigkeitssäule in Decimetern ausgedrückt.

Ich muss schliesslich noch bemerken, dass die optische Methode überhaupt nur brauchbar ist für die quantitative Bestimmung von grösseren Mengen von Zucker. Für die quantitative Bestimmung von kleinen Mengen von Zucker, wie sie auch im normalen Urin vorkommen, ist sie viel zu stumpf; dergleichen kleine Mengen sind mit dem Polarisationsapparate überhaupt nicht wahrnehmbar.

Wir kommen nun zu der chemischen Bestimmung des Zuckers nach dem Principe der Trommer'schen Probe, das heisst durch Reduction von Kupferoxydsalzen zu Kupferoxydul. Das gewöhnliche Verfahren ist das Fehling'sche. Es besteht in Folgendem: Man mischt eine Probeflüssigkeit aus schwefelsaurem Kupferoxyd, Wasser, Natronlauge und weinsteinsaurem Kalinatron. Das letztere wird, wie ich schon früher erwähnt habe, zugesetzt, um das sich sonst ausscheidende Kupferoxydhydrat in Lösung zu erhalten. Von dieser vorher titrirten Probeflüssigkeit bringt man eine gemessene Portion in einen kleinen Kolben, erhitzt diesen über der Spirituslampe und lässt nun von dem zu untersuchenden Harne aus einer Burette in kleinen Quantitäten hineintröpfeln, bis sich die Flüssigkeit vollständig entfärbt hat, liest dann die Burette ab und sieht, wie viel man von dem Harne verbraucht hat, um alles Kupfer in der gemessenen, titrirten Flüssigkeit zu reduciren. Es ist aber sehr schwer gerade den Punkt zu treffen, bei welchem alles Kupferoxyd reducirt und doch noch kein überschüssiger Harn hinzugesetzt ist. Ich habe deshalb schon im Jahre 1860 in der allgemeinen Wiener medizinischen Zeitung ein anderes Verfahren veröffentlicht, bei welchem die Probeflüssigkeit in einer blossen Lösung von schwefelsaurem Kupferoxyd besteht, also auch niemals der Verderbniss ausgesetzt sein kann, sich Jahre lang unverändert erhält.

Man bereite eine Lösung von Kupfervitriol in destillirtem Wasser, die 5,784 Gramme Kupferoxyd im Liter enthält.

Man versetze dann von dem zu untersuchenden Harn 250 Ccm. mit 10 Ccm. verdünnter Salzsäure und lasse zur Abscheidung der Harnsäure 36 Stunden stehen; dann filtrire man.

Man messe in die Reagirgläser . .	I	II	III	IV	V	VI	
aus einer Quetschhahnburette an Kupferlösg.	3	4	4	8	8	8	Ccm.
dann von dem filtrirten Harn	3	2	1	1	0,5	0,25	„

füge zu allen einen reichlichen Ueberschuss von Aetzkalilösung, erwärme und verkorke.

Es sind nun zwei Fälle zu unterscheiden, in denen man sich in verschiedener Weise zu verhalten hat.

Wir setzen zunächst den Fall, dass durch das Erwärmen keines der Gläser seine blaue oder grüne Farbe vollständig gegen Gelb oder

Braun vertauscht habe, dann sind weniger als 2,951 Gramme Zucker im Liter Harnfiltrat enthalten. Um die Menge zu bestimmen misst man

in die Reagirgläser . .	I	II	III	IV	V	VI	
von dem Filtrat . . .	5	5	5	5	5	5	Ccm.
von der Kupferlösung .	4	3	2	1	0,5	0,25	„

und verfährt wie vorhin, d. h. man versetzt mit Aetzkali, erwärmt und verkorkt. Das erste Glas in aufsteigender Reihe, das sich vollständig entfärbt hat, gibt die Ziffern für die Rechnung. Es sei z. B. dieses Glas IV, dann weiss man, dass in 5 Liter Harnfiltrat so viel Zucker enthalten ist, dass 5,784 Gramme Kupferoxyd durch denselben zu Oxydul reducirt werden.

Strebt man eine grössere Genauigkeit an, so mischt man zwischen seinem Verhältnisse und dem des nächst vorhergehenden, also nach unserem Beispiele zwischen $\frac{5}{1}$ und $\frac{5}{2}$ eine Reihe von 6 neuen Verhältnissen, und verfährt wie vorher. Stets gibt das entfärbte Glas, welches dem nicht vollständig entfärbten zunächst steht, die Ziffern für die Rechnung.

Anders muss man verfahren, wenn sich gleich bei der ersten vorerwähnten Zusammenstellung, bei der Vorprobe, eines oder mehrere der zusammengestellten Gläser beim Erwärmen entfärbt haben. Dann wählt man in aufsteigender Reihe das letzte, bei dem dies der Fall war, dividirt dessen obere Ziffer, d. h. die, welche die Menge der Kupferlösung angibt, durch die untere, d. h. durch die, welche die Menge des Harnfiltrats angibt und zieht 1 vom Quotienten ab. Der Rest ist die Zahl der Wasservolumina, mit denen man ein Volum des Filtrats zu verdünnen hat Ist die Verdünnung geschehen so misst man

in die Gläser	I	II	III	IV	V	VI	
an Kupferlösung . .	3	5	4	3	5	4	Ccm.
an verdünntem Filtrat	3	4	3	2	3	2	„

Man fügt einen reichlichen Ueberschuss von Kali hinzu und, wenn dadurch ein bleibender Niederschlag entsteht, so viel Seignette-Salz-Lösung, dass sich derselbe wieder auflöst. Man erwärmt, verfährt dann wie früher und sucht durch Mischen von neuen intermediären Verhältnissen seine Fehlergrenze so lange einzuengen, als man die Farbe noch unterscheiden kann, so lange, als man noch zwei neben einander stehende Gläser findet, von denen das eine einen Stich ins bläuliche oder grünliche zeigt und das andere nicht. Das Unterscheiden der Farbe wird sehr dadurch erleichtert, dass man ein gut beleuchtetes weisses Papier hinter die Gläser hält und sieht, mit welcher Farbe sich die Flüssigkeit gegen dasselbe absetzt.

Die Rechnung geschieht für den Fall I nach der Formel

$$x = \frac{3n}{m} - 0{,}049$$

für den Fall II nach der Formel

$$x = \left(\frac{3n}{m} - 0{,}049\right)\left(w + 1\right)$$

In diesen Formeln ist x die Menge krystallisirten Zuckers in 1 Liter Harn in Grammen ausgedrückt, n die Menge von Kupferlösung und m die Menge vom Filtrat in dem für die Rechnung benützten Glase, w ist die Menge der Wasservolume, die man zu 1 Volum Filtrat gefügt hat. Die Formeln leiten sich in folgender Weise her.

Ein Atom Zucker reducirt 5 Atome Kupferoxyd. Das Atomgewicht des Zuckers ist 198, das des Kupferoxyds 79,4. Die relativen Flüssigkeitsmengen vor und nach dem Zusatze von Salzsäure zum Harne sind 25 und 26, man hat also

$$x = \frac{n}{m} \times \frac{26\ (p.\ 198)}{25\ (5.\ 79{,}4)}$$

hierin bedeutet p die Menge des Kupferoxyds in Grammen, welche im Liter Probeflüssigkeit enthalten ist. Man wählt sie der Bequemlichkeit halber so, dass der ganze Bruch näherungsweise einer ganzen Zahl gleich wird. In unserem Fall, wo $p = 5{,}784$, ist diese ganze Zahl: Drei. Man erhält also $x = \frac{3n}{m}$. Nun ist aber durch die Salzsäure nicht alle Harnsäure abgeschieden, sondern etwa ein Decigramm im Liter gelöst geblieben. Ein Atom Harnsäure reducirt 2 Atom CuO. Man muss also von dem Resultate eine Zuckermenge abziehen, die ebensoviel Kupferoxyd reducirt hätte, wie ein Decigramm Harnsäure. Das Atomgewicht der Harnsäure ist 168; da nun 2 Atom Zucker so viel Kupferoxyd reduciren wie 5 Atom Harnsäure, so hat man für die zu subtrahirende Zuckermenge in Grammen:

$$\frac{1}{10}\left(\frac{2 \times 198}{5 \times 168} \times \frac{26}{25}\right) = 0{,}049$$

$$\text{also } x = \frac{3n}{m} - 0{,}049.$$

Die Multiplication mit dem Verdünnungsfactor $w + 1$ für den Fall II bedarf wohl keiner weiteren Erklärung.

Bei allen Methoden, welche auf der Reduction von Kupferoxyd beruhen, muss nothwendig die Harnsäure weggeschafft oder für sie eine Correction angebracht werden. In solchen Fällen von Diabetes, wo überhaupt keine Harnsäure nachweisbar ist, ist die Menge derselben jedenfalls so gering, dass man sie vernachlässigen kann. Es ist dies aber keineswegs immer so. Man hat vorgeschlagen den Harn erst mit Bleiessig auszufällen. Das ist aber gänzlich zu verwerfen, weil mit dem Bleiessigniederschlage immer eine bedeutende Menge von Zucker mitgerissen wird, eine um so bedeutendere, je mehr Zucker im Harne ist. In dem Vorstehenden ist gelehrt worden, die Harnsäure mittelst verdünnter Salzsäure abzuscheiden und für den Rest, der gelöst bleibt, eine Correction anzubringen: man kann aber auch zwei gleiche, gemessene Quantitäten Harn nehmen, in der einen die Reduction bestimmen, in der andern die Menge der Harnsäure, und nun die Menge von Kupferoxyd, welche von der Harnsäure reducirt worden war, abrechnen. Man wird sich zu diesem Verfahren vielleicht mehr und mehr geneigt finden, wenn sich andere Methoden der Harnsäurebestimmung Bahn brechen, welchen man eine grössere Genauigkeit zuschreibt als der bisher geübten Abscheidung mittelst Salzsäure.

Auch für das Kreatinin muss eine Correction angebracht werden, und es bleibt dafür vor der Hand kaum ein anderer Weg übrig, als dasselbe aus einer dritten Harnportion als Kreatininchlorzink zu bestimmen.

In neuerer Zeit hat Knapp eine Methode angegeben, welche darauf beruht, dass Cyanquecksilber in alkalischen Lösungen beim Erwärmen

zersetzt wird. Er bereitet sich eine titrirte Probeflüssigkeit und versetzt diese mit dem zu untersuchenden Harne in kleinen Portionen. Von Zeit zu Zeit nimmt er mit einem Glasstabe einen Tropfen heraus, streicht ihn auf ein schwedisches Filtrirpapier und bringt dieses über ein Glas mit Schwefelammonium. So lange noch ein dunkler Streifen entsteht, so lange ist noch unzersetztes Cyanquecksilber in der Flüssigkeit; wenn endlich kein dunkler Streifen mehr entsteht, ist alles Cyanquecksilber vollständig zersetzt; er liest nun seine Quetschhahnburette ab und berechnet, wie viel Zucker in dem zu untersuchenden Harn gewesen ist. Zur Bestimmung des Zuckers im Harn hat dies Verfahren keinen Vorzug, da Harnsäure und Kreatinin das Cyanquecksilber unter denselben Umständen zersetzen wie Zucker.

Die Milchsäure im Harn.

Neben dem Zucker kommt im Harne Milchsäure vor, und ein Theil der sauren Reaction des Harnes kann als Folge der darin enthaltenen Milchsäure angesehen werden. Die Milchsäure kann direct aus der Säftemasse herstammen, sie kann aber auch aus dem Zucker herstammen, dadurch, dass sich derselbe, als er schon Bestandtheil des Harnes war, in Milchsäure umsetzte.

Quantität der ausgeschiedenen Harnbestandtheile.

Die Quantität der Harnbestandtheile ist je nach dem Regime, welches das Individuum führt, verschieden. Denn der Harn besteht erstens aus Wasser, zweitens aus Salzen, welche theils mit der Nahrung eingeführt werden, theils sich im Körper bilden, endlich drittens aus den Zersetzungsproducten der stickstoffhaltigen Substanzen; somit ist es klar, dass die Mengenverhältnisse im hohen Grade wechseln müssen mit der Menge und der Qualität der Nahrung, welche das Individuum zu sich nimmt. Lehmann fand, dass er bei stickstofffreier Nahrung 15,4 Gramme Harnstoff binnen 24 Stunden ausschied, bei vegetabilischer Kost 22,5, bei gewöhnlicher gemischter Kost 32,5 und bei rein animalischer Kost 53,2. Voit fand, dass bei gewöhnlicher gemischter Kost 37 Gramme Harnstoff binnen 24 Stunden ausgeschieden wurden. Wenn man nun berücksichtigt, dass Lehmann den Harnstoff noch bestimmte als salpetersauren Harnstoff, also zu kleine Zahlen bekam, und dass Voit ihn bestimmte nach der Liebig'schen Methode, also etwas zu grosse Zahlen bekam, so stimmen diese beiden Angaben so sehr, als man es bei der Verschiedenheit der Individuen nur irgend erwarten kann, mit einander überein. Weiter hat aber Voit durch seine Versuche an Hunden gezeigt, dass durch dauernde Verabreichung von stickstofffreier Kost die Harnstoffmenge zu einer gewissen unteren Grenze herabgedrückt werden kann, unter welche sie dann nicht fällt, auch wenn das Thier der Inanition entgegengeht, und dass andererseits, wenn man die Menge der stickstoffhaltigen Nahrungsmittel, die Menge des Fleisches, welches verfüttert wird, vermehrt, in Folge davon sofort eine Vermehrung des Harnstoffs eintritt. Selbst wenn das Thier noch so sehr heruntergekommen ist, verwendet es niemals das ganze Plus von stickstoffhaltigen Substanzen, welche es bekommt, zum Aufbau seines Organismus, sondern es wird immer ein Theil derselben

zerstört und erscheint in Gestalt von Harnstoff wieder. Wenn ein Thier einmal ausgefüttert worden ist, so erscheint von dem Plus an stickstoffhaltiger Nahrung, welche es bekommt, der ganze Stickstoff im Harne wieder, während, wie wir gesehen haben, nicht der ganze Kohlenstoff in der exspirirten Luft erscheint, woraus also hervorgeht, dass nun das Thier zwar kein Muskelfleisch mehr ansetzt, dass es aber in Folge der reichlichen Fütterung noch Fett ansetzt. Es bleibt ja ein stickstoffloser, kohlenstoffreicher Körper im Organismus zurück, der wohl kaum etwas anderes als Fett sein kann.

Die Menge der Harnsäure ist im Verhältniss zu der des Harnstoffs sehr gering. Es wird nach Lehmann nur etwa $\frac{1}{2}$ Gramm binnen 24 Stunden ausgeschieden. Die Zahl von Lehmann ist aber verhältnissmässig niedrig. Es sind von Andern grössere Zahlen gefunden, und in pathologischen Fällen oder nach grossen körperlichen Anstrengungen kann, wie wir gesehen haben, manchmal die Menge der Harnsäure sehr bedeutend gesteigert werden.

In ähnlicher aber auch in sehr wechselnder Menge kommt die Hippursäure im Harne vor, im Ganzen in etwas geringerer Menge. Auch die Menge des Kreatinins im Harne beträgt gegen $\frac{1}{2}$ Gramm in 24 Stunden, manchmal etwas darüber oder etwas darunter. Die übrigen organischen Substanzen sind nicht quantitativ bestimmt. Schwefelsaure Salze wurden nach Lehmann bei gemischter Kost 7, bei Fleischkost 10 Gramm in 24 Stunden ausgeschieden, Erdphosphate bei gemischter Kost 1 Gramm, bei Fleischkost $3\frac{1}{2}$ Gramm. Die Summe der festen Stoffe gibt Lehmann auf 34—87 Gramm an, letzteres nur bei animalischer Kost, bei gemischter Kost 34—68 Gramm. Moleschott gibt als Mittelwerthe aus den Resultaten verschiedener Beobachter für die Gesammtmenge der Salze 20,84, für das Kochsalz allein 11,88 Gramme, für die Phosphorsäure 3,37 und für die Schwefelsäure 1,78. Voit berechnet des ganzen Harns Salze binnen 24 Stunden im Mittel auf etwa $20\frac{1}{2}$ Gramme worunter 13 Gramme Kochsalz, was mit den eben erwähnten Zahlen von Moleschott so nahe übereinstimmt, wie man es bei der grossen Breite der Schwankungen nur erwarten kann. Ranke konnte dadurch, dass er täglich 1832 Gramme fettfreies Fleisch verzehrte, die Menge der Schwefelsäure auf 6,8 Gramm, die der Phosphorsäure auf 8,0 Gramm steigern. Bei gewöhnlicher Lebensweise beziffert er nach eigenen und fremden Beobachtungen die Schwefelsäure auf 2,5 bis 3,3 Gramm, die Phosphorsäure auf 3,6 bis 5,1 Gramm. Es hängt wesentlich von der Grösse des Consums, namentlich des Fleischconsums ab, ob man sich an die grossen Zahlen von Ranke oder an die kleineren von Moleschott zu halten hat.

Aussergewöhnliche Harnbestandtheile.

Cystin.

Ausser diesen normalen Bestandtheilen kommen im Harn noch eine Menge anormaler oder zufälliger Bestandtheile vor, welche man in drei Abtheilungen bringen kann. Erstens Bestandtheile des intermediären

Stoffwechsels, Zersetzungsproducte der Eiweisskörper, welche normaler Weise noch keine Harnbestandtheile sind, welche wegen eines pathologischen Processes anormaler Weise in den Harn übergehen; zweitens solche Substanzen, welche im Harne erscheinen, weil bestimmte organische Verbindungen eingeführt worden sind, welche sich zu diesen Substanzen innerhalb des Körpers metamorphosiren, und endlich drittens wesentliche Bestandtheile des Blutes, welche die Harnwege passiren, oder anderweitige fremdartige Substanzen, welche dem Harn im Verlaufe seines Weges durch die Harnorgane beigemengt werden.

Unter den Substanzen der ersten Kategorie ist eine der wichtigsten das Cystin. Es besteht aus $C_3 H_7 NSO_2$, ist schwer löslich in Wasser und in verdünnten Säuren, aber leicht löslich in Alkalien und alkalischen Flüssigkeiten. Man erhält es theils aus gewissen Harnsedimenten, theils aus Harnsteinen, welche sich in seltenen Fällen daraus bilden. Um auf Cystin zu untersuchen, löst man das betreffende Sediment, eventuell ein Stück des betreffenden Harnsteines, in Ammoniak, filtrirt und fällt mit Essigsäure: dann scheidet sich das Cystin in schönen sechsseitigen Tafeln mit gleichen Winkeln aus. Wenn man die reine ammoniakalische Lösung verdunsten lässt, so schiesst das Cystin in sechsseitigen Säulen an. Die Harnsteine aus Cystin sind ausserdem daran kenntlich, dass sie vor dem Löthrohre mit blauer Flamme brennen und dabei einen Geruch nach schwefliger Säure verbreiten. Man kannte das Cystin früher nur als Bestandtheil von Harnsteinen; in neuerer Zeit ist es aber auch als Sediment im Urin gefunden worden. Merkwürdiger Weise betrafen die beiden ersten Fälle, in welchen es gefunden wurde, zwei Schwestern, bei denen es auch im Harne gelöst vorkam. Damit Cystin im Harne gelöst sein könne, ist es nöthig, dass der Harn alkalisch sei, weil es im sauren Harne nicht löslich ist. Man findet aber keineswegs in jedem alkalischen Harne Cystin, denn der meiste Harn, welcher alkalisch gelassen wird, ist nicht alkalisch abgesondert worden, sondern ist in den Harnwegen alkalisch geworden, indem sich der Harnstoff in Kohlensäure und Ammoniak umgesetzt hat. Da aber, wo von vorneherein von einer oder von beiden Nieren alkalischer Harn abgesondert worden ist, kann Cystin in Lösung übergehen, und wenn diese sich wiederum mit saurem Harne mischt, so kann innerhalb der Blase ein Sediment, beziehungsweise ein Concrement aus Cystin entstehen.

Alloxan, Leucin, Tyrosin, Gallenbestandtheile im Harne.

Auch Alloxan, das wir als Zersetzungsproduct der Harnsäure durch Salpetersäure kennen gelernt haben, ist im Harne eines Fieberkranken gefunden worden. Ferner gehen in den Harn auch bei gewissen pathologischen Processen Leucin und Tyrosin über und endlich auch Gallenbestandtheile.

Das Bilifuscin wird im Harne an der dunklen Farbe desselben und daran, dass er auf einem Leinenlappen eingetrocknet einen braunen Flecken gibt, erkannt. Das Biliverdin erkennt man schon an dem grünen Schiller, welchen der Harn zeigt, wenn man ihn im Glase herumschwenkt. Ausserdem aber erkennt man sowohl das Biliverdin als das Cholepyrrhin (Bilirubin) im Harne durch die modificirte Gmelin'sche

Probe, dadurch, dass man erst Salpetersäure und hinterher Schwefelsäure hinzusetzt. Man stellt die Probe entweder mit dem Harn als solchem an oder, nach Hüfners Angabe, mit dem Niederschlage, den Kalkmilch in dem Harn hervorbringt. Man sammelt diesen auf dem Filtrum und bringt ihn feucht in ein Reagirglas, wo er sich dann beim Zusatz der Säure wieder auflöst.

Schwieriger ist die Auffindung der Gallensäuren. Sie werden nach Methoden, welche von Hoppe-Seyler angegeben worden sind, aufgefunden. Früher wurde der Harn mit Kalkmilch gefällt und dann filtrirt, das Filtrat wurde mit Salzsäure eingeengt, dann nahezu zur Trockne verdampft; dann wurde die übrige Flüssigkeit, die noch darauf war, abfiltrirt und die sogenannte Choloidinsäure, welche sich jetzt unter der Einwirkung der Salzsäure gebildet hatte, auf dem Filtrum gesammelt, mit Alkohol ausgezogen und mit dem Extract die Pettenkofer'sche Probe angestellt. In neuerer Zeit sucht man die Bleisalze der im Harne enthaltenen Gallensäuren darzustellen, indem man sich zuerst einen möglichst salzfreien Alkoholauszug des Harnes verschafft, dadurch, dass man den Harn verdampft, mit Alkohol auszieht, den Auszug eindampft, den Rückstand wieder mit Alkohol auszieht und dann wieder verdampft. Hierauf löst man den Rückstand wieder in Alkohol auf und fällt mit Bleiessig. Aus dem Niederschlage zieht man mit kochendem Alkohol das gallensaure Bleioxyd aus, zersetzt mit kohlensaurem Natron, wobei man auf der einen Seite kohlensaures Bleioxyd, auf der andern gallensaures Natron erhält. Das letztere zieht man mit Alkohol aus, verdampft und benutzt dieses gallensaure Natron zur Anstellung der Pettenkofer'schen Gallenprobe. Die Farbe muss eine weinrothe werden: wenn sie nur braun oder bräunlichroth wird, so zeigt dies nicht an, dass Gallensäuren vorhanden sind, indem auch andere Substanzen mitgenommen worden sein können, welche bei dieser Reaction eine röthliche Farbe geben.

Mit den Gallensäuren verhält es sich übrigens ähnlich, wie mit dem Zucker: kleine Mengen kommen auch im Urin Gesunder vor. Höne und Dragendorf konnten solche nachweisen, als sie 100 Liter Harn in Arbeit nahmen. Dragendorf erhielt daraus 0,54 Grm. Glycocholsäure.

Alkapton.

Weiter kommt noch im Harne Alkapton vor, eine Substanz, von welcher man nicht weiss, woher sie eigentlich stammt, die aber von Boedecker im Harne eines Kranken gefunden worden ist. Sie zeichnet sich dadurch aus, dass der Harn, wenn er alkalisch gemacht wird, sich an der atmosphärischen Luft braun bis schwarz färbt. Die sogenannten schwarzen Urine, welche beobachtet worden sind, rühren von dem darin enthaltenen Alkapton her. Man weiss von der chemischen Zusammensetzung des Alkaptons nichts Sicheres; man weiss aber, dass es Kupferoxyd zu Kupferoxydul reducirt, und dass man sich deshalb bei Zuckerproben vor solchem alkaptonhaltigen Harne zu hüten hat. Der Alkaptongehalt wird übrigens bald bemerkt, indem der Harn, alkalisch gemacht, sich an der Luft schwarz oder doch auffallend braun färbt.

Aethyldiacetsäure.

Aethyldiacetsäure ($C_6 H_{10} O_3$) ist im Harn von Diabetikern gefunden worden. Um darauf zu prüfen versetzt man mit einer verdünnten Eisenchloridlösung. Es entsteht, wenn die Säure zugegen ist, eine braunrothe Färbung, die durch Salzsäure wieder zum Verschwinden gebracht werden kann. Nun kocht man eine andere Probe des Urins eine halbe Stunde lang. Dann muss sich ein Acetongeruch entwickeln, und nun muss auf Zusatz von Eisenchlorid keine braunrothe Färbung mehr eintreten. Beim Kochen zerfällt nämlich die Aethyldiacetsäure in Alkohol, Kohlensäure und Aceton ($C_6 H_{10} O_3 + H_2 O = C_2 H_6 O + CO_2 + C_3 H_6 O$). Dasselbe geschieht auch bei Zimmertemperatur, wenn der Harn längere Zeit steht. Darauf beruht es, dass der Harn von Diabetikern bisweilen einen Geruch nach Aceton zeigt.

Inosit.

Auch Inosit ist in einzelnen Fällen im Harn gefunden worden. Angeblich geht er auch bei gesunden Individuen in kleinen Mengen in den Harn über, wenn dieselben sehr grosse Mengen Wasser trinken und in Folge davon viel Harn lassen.

Umwandlungsproducte bestimmter chemischer Verbindungen, die in den Magen und Darmkanal gebracht wurden.

Die zweite Reihe der Bestandtheile sind solche, welche nach Einführung besonderer chemischer Verbindungen in den Harn übergehen. Diese können verschiedener Art sein. Wir haben schon gesehen, dass eine Reihe von Substanzen, wenn sie eingeführt werden, Hippursäure in grösserer Menge geben, dass andere zwar nicht diese Hippursäure, aber andere Hippursäuren, analog zusammengesetzte mit dem Glycocoll gepaarte Säuren, geben. Wir können hier die Substanzen, welche auf diese Weise künstlich in den Harn gelangen, nicht alle aufzählen, aber auf einen Punkt muss ich aufmerksam machen, nämlich darauf, dass die äpfelsauren, die essigsauren, die weinsauren Salze, im Körper sämmtlich in kohlensaure Salze übergeführt werden und deshalb als kohlensaure Salze in den Urin übergehen. Darauf beruht es, dass man den Urin vorübergehend alkalisch machen kann dadurch, dass man essigsaures Natron u. s. w. einnimmt. Ja manche Individuen, welche für gewöhnlich keinen stark sauren Urin haben, brauchen nur eine grössere Menge von gedörrten Pflaumen zu essen, um sogleich einen alkalischen Urin zu haben. Wenn man die Säuren, und zwar nicht nur Pflanzensäuren sondern auch Mineralsäuren, als solche nimmt, so verwandelt sich ein Theil in Salze, indem sie dem Körper bis zu einem gewissen Grade Basen entziehen, wie dies Salkowski in neuerer Zeit durch Versuche mit Schwefelsäure gezeigt hat. Andererseits aber wird, wenn eine gewisse Menge von Säure in den Organismus hineingebracht wird, auch die Menge der freien Säure im Harne vermehrt. So ist es Billroth gelungen durch Eingeben von Phosphorsäure den Harn stark sauer zu machen. Es ist bekanntlich

beim Steinschnitt nothwendig den Harn nicht alkalisch werden zu lassen; deshalb bediente er sich der Phosphorsäure, um vorübergehend eine grössere Menge von Säure in den Harn gelangen zu lassen.

Eiter, Schleim, Blut und Blutplasma (Fibrin, Eiweiss) im Harn.

In den Harn können ausserdem übergehen Schleim, Eiter und Epithelzellen aus den verschiedenen Theilen der Harnwege und endlich das Blut als Ganzes oder das Blutplasma, welches anormaler Weise die Wandungen der Harnkanälchen durchdringt, während die Blutkörperchen noch zurückgehalten werden. Dieses Blutplasma gerinnt manchmal ausserhalb des Körpers, wenn der Urin gelassen ist. Es ist manchmal in solcher Menge darin enthalten, dass der Harn gallertartig zitternd wird, oder dass man doch ein zusammenhängendes gallertartiges, später beim Umschütteln spinngewebig werdendes Gerinnsel aus demselben herausheben kann. Die Substanz, welche sich hier ausscheidet, müssen wir als Fibrin bezeichnen, denn sie ist identisch mit dem Fibrin, welches sich aus dem gerinnenden Blute ausscheidet. Solcher Harn enthält natürlich auch immer grosse Mengen von Eiweiss, aber nicht umgekehrt, nicht jeder Harn, welcher Eiweiss enthält, enthält auch eine freiwillig gerinnende Substanz, scheidet auch Fibrin aus, wenigstens nicht ausserhalb des Körpers.

Die Untersuchung des Harnes auf Eiweiss ist für den Arzt so wichtig, dass ich hier einige Worte darüber sagen muss. Zunächst untersucht man den Harn auf natives Eiweiss. Wenn derselbe seine normale saure Reaction hat, so nimmt man die an sich klare oder durch Filtriren geklärte Flüssigkeit, giesst sie in ein Reagirglas und erhitzt sie zum Sieden. So wie man sich der Temperatur von 70° nähert, scheidet sich das Eiweiss als Trübung oder in Flocken aus. Es kann hier geschehen, dass sich beim Erhitzen Flocken ausscheiden, welche nicht aus Eiweiss sondern aus phosphorsaurem Kalk bestehen. Der Harn enthält immer Kohlensäure aufgelöst. Diese geht beim Kochen fort, und wenn der Harn an und für sich schwach sauer war, bleiben jetzt nicht mehr alle Erdphosphate gelöst, sondern ein Theil derselben fällt als normaler phosphorsaurer Kalk heraus. Diese Ausscheidung unterscheidet man aber leicht vom Eiweiss, indem man einige Tropfen Essigsäure hinzusetzt, worauf phosphorsaurer Kalk sich löst, während geronnenes Eiweiss ungelöst bleibt.

Wenn der Harn Lakmuspapier nicht deutlich röthet, so setzt man ihm vorsichtig so viel Essigsäure zu, dass er dies thut und erhitzt zum Sieden. Man muss ansäuern, weil sonst die Alkalien des Harns während des Erwärmens auf das Eiweiss einwirken können, dasselbe in fällbares Eiweiss verwandeln, so dass es in der Hitze nicht mehr gerinnt. Es gehört eine gewisse Uebung dazu, gerade so viel Essigsäure zuzusetzen, dass sich alles Eiweiss vollständig ausscheidet, nicht mehr, denn, wenn man zu viel zusetzt, erfolgt die Eiweissausscheidung auch unvollständig, indem kleine Mengen von Eiweiss gelöst bleiben. Es ziehen deshalb Viele vor, den Harn, wenn er nicht sauer reagirt, erst bis zum Sieden vorsichtig zu erhitzen und ihn dann anzusäuern. Man setzt dann Tropfen um Tropfen von der Säure hinzu und beobachtet, ob irgend eine Trübung entsteht. Man wählt auch zum Ansäuern verdünnte Salpetersäure, weil ein Ueberschuss derselben das gefällte fällbare Eiweiss nicht sofort auf-

quellen macht und in scheinbare Lösung überführt, wie dies bei Anwendung von Essigsäure oder Phosphorsäure der Fall ist.

Wenn bei richtiger Reaction beim Kochen keine Trübung entstand, so ist kein natives Eiweiss im Harne enthalten gewesen. Man versetzt dann, wenn man die Untersuchung vervollständigen will, eine Probe desselben mit Essigsäure so weit, dass sie stark sauer reagirt. Man lässt sie eine Weile stehen, um zu sehen, ob sich etwa Mucin daraus abscheidet und filtrirt. Die filtrirte Flüssigkeit versetzt man dann mit einem gleichen Volum einer concentrirten Lösung von schwefelsaurem Natron und erhitzt nun dieses Gemisch zum Sieden. Bisweilen gibt diese Probe noch ein positives Resultat, wenn die andere Probe ein negatives gegeben hat. Man hat aber kein Recht aus dieser Probe auf natives Eiweiss zu schliessen, weil in sehr salzreichen Lösungen bei saurer Reaction auch andere Eiweisskörper sich in der Siedhitze ausscheiden.

Endlich besteht noch eine Probe, welche manchmal angewendet wird, darin, dass man concentrirte Salpetersäure und den zu untersuchenden Harn übereinanderschüttet. Bei normalem Harne bleibt die Berührungsfläche zwischen beiden Flüssigkeiten hell und durchsichtig, bei eiweisshältigem Harne bildet sich aber in jener Berührungsfläche durch die Eiweissausscheidung, welche die Salpetersäure veranlasst, eine trübe Schicht. Diese Probe ist sehr empfindlich, aber sie ist deshalb nicht zu empfehlen, weil man hier weniger als bei irgend einer der andern Proben weiss, was eigentlich der ausgeschiedene Körper ist, und womit man es zu thun hat.

Mechanismus der Harnsecretion.

Nachdem wir die Bestandtheile des Harns kennen gelernt haben, gehen wir über zu der Art und Weise, wie er secernirt wird. Ludwig hat in seiner Habilitationsschrift eine Theorie von der Secretion des Harns gegeben, welche noch immer von allen die wahrscheinlichste ist. Dieselbe sagt aus, dass durch den Druck, unter dem das Blut in den Aesten der Arteria renalis steht, die krystalloiden Substanzen und Wasser aus den Glomerulis abfiltrirt werden und in die Malpighi'schen Kapseln hineingelangen. Sie sagt aus, dass der so erzeugte Harn ein sehr verdünnter ist, dass er sehr viel Wasser enthält, und wenig von den eigentlichen Harnbestandtheilen, weil dieselben sämmtlich auch im Blute nur in relativ geringer Menge enthalten sind, dass aber dann der Harn sich durch einen Diffusionsprocess concentrirt, während er seinen Weg macht durch die Tubuli contorti, durch die Henle'schen Schleifen, dann wieder zurück durch einen Tubulus contortus in die Tubuli recti hinein und so endlich in das Nierenbecken.

Dass der Harn zunächst in den Malpighi'schen Körperchen abfiltrirt wird, darüber kann wohl kein Zweifel sein. Hier liegen die Schlingen der arteriellen Gefässe, hier ist ein grösserer Druck als in den Capillargefässen. Die Schlingen der arteriellen Gefässe sind von einer überaus dünnen Membran überzogen, es sind also die Bedingungen für eine Filtration von Flüssigkeit gegeben. Dass hiebei nur Wasser mit denjenigen Substanzen abfiltrirt wird, die wir später im Harne finden, ist eine Thatsache, die ebenfalls nicht weiter bewiesen zu werden braucht.

denn wir wissen, dass die colloiden Substanzen des Blutes, die Eiweisssubstanzen nur unter pathologischen Verhältnissen mit in die Harnwege übergehen. Es müssen aber die Gründe für die Angabe gesucht werden, dass sich der Harn im Laufe der Harnwege durch einen Diffusionsprocess concentrire, das heisst, dass er Wasser wiederum an das Blut abgebe, beziehungsweise dafür gelöste Substanzen, Harnbestandtheile, dem Blute entziehe. Zunächst lässt es sich nachweisen, dass die physikalischen Bedingungen für einen solchen Diffusionsprocess vorhanden sind.

Wenn man zwei Flüssigkeiten, zwei verschiedene Salzlösungen, durch eine Membran von einander trennt und sie der Diffusion überlässt, so ist das normale Ende der Diffusion, dass die beiden Flüssigkeiten chemisch gleich zusammengesetzt sind. Wenn ich eine Lösung von Zucker und eine Lösung von Kochsalz sich mit einander diffundiren lasse, so enthalten sie am Ende des Diffusionsprocesses beide gleich viel Zucker und gleich viel Kochsalz. Dieses normale Ende der Diffusion kann nicht erreicht werden, wenn nicht alle Substanzen durch die Membran hindurchgehen. Es kann aber das normale Ende der Diffusion, das heisst, die vollständige chemische Ausgleichung, auch dann nicht erreicht werden, wenn die beiden Menstrua, die beiden Lösungsmittel, unmischbar sind. Es fragt sich: Was ist das Ende der Diffusion, wenn die chemische Ausgleichung nicht erreicht werden kann? Das kann man für den Fall untersuchen, in welchem die beiden Lösungsmittel unmischbar sind.

Wenn man Aether und Wasser mit einander schüttelt, so nimmt der Aether eine gewisse Quantität Wasser und das Wasser eine gewisse Quantität Aether auf. Wenn das aber einmal geschehen ist, so sind die beiden Flüssigkeiten vollständig unmischbar und stehen über einander wie Oel und Wasser. Löst man in einer dieser Flüssigkeiten eine Quantität Oxalsäure auf und schüttelt beide wieder anhaltend mit einander durch, so geht von der Oxalsäure eine gewisse Quantität in die andere Flüssigkeit über. Wenn man einige Tage wartet und oftmals durchschüttelt, um den Diffusionsprocess vollständig zu beendigen, und hinterher die Menge der Oxalsäure, welche sich im Wasser befindet, und die Menge von Oxalsäure, welche im Aether enthalten ist, untersucht und vergleicht, so findet man, dass beide Flüssigkeiten gleiche Bruchtheile derjenigen Mengen enthalten, welche sie bei derselben Temperatur aufzulösen im Stande sind. Wenn man statt der Oxalsäure eine andere Substanz nimmt, welche sich in beiden Flüssigkeiten auflöst, z. B. Quecksilberchlorid, so bekommt man ganz dasselbe Resultat. Man bekommt dasselbe Resultat, ob man das Quecksilberchlorid ursprünglich auflöst in der ätherischen oder ursprünglich auflöst in der wässerigen Flüssigkeit. Wenn also die vollständige chemische Ausgleichung nicht erreicht werden kann, so wird doch das Gleichgewicht der Concentrationszustände erzielt. Beide Flüssigkeiten sind gleich concentrirt, denn sie enthalten gleiche Bruchtheile von den Mengen, welche sie bei derselben Temperatur aufzulösen im Stande sind. Das ist vollkommen begreiflich, denn, wenn ein Molekül auf der Grenze zwischen den beiden Flüssigkeiten steht, so wird es immer dahin gehen, wo es den grössten anziehenden Kräften unterworfen ist, und erst wenn die anziehenden Kräfte, welche in beiden Flüssigkeiten auf die Moleküle des gelösten Körpers einwirken, gleich geworden sind, erst dann wird der Diffusionsprocess sein Ende erreicht haben.

Was hier gilt für zwei Flüssigkeiten, welche verschieden sind und sich nicht mischen, dass muss auch für zwei wässerige Lösungen gelten, wenn die eine einen Bestandtheil enthält, der durch die Scheidewand nicht hindurchgeht. Dann muss diese Flüssigkeit, wenn sie ursprünglich die concentrirtere war, sich dauernd wie die concentrirtere verhalten und Wasser anziehen; in der andern muss das Wasser eine stärkere Anziehung auf die löslichen Substanzen ausüben, und diese muss zur Wirkung kommen auf diejenigen, welche durch die Membran hindurchgehen, diese müssen herüber gezogen werden, während Wasser zu der concentrirteren Flüssigkeit hinübergeht. Das ist der Fall, mit dem wir es bei der Harnabsonderung zu thun haben. Die Eiweisskörper gehen nicht durch die Wand der Harnwege hindurch, das Blut verhält sich also stets als die concentrirtere Flüssigkeit dem abgesonderten Harne gegenüber, entzieht ihm Wasser und gibt ihm diejenigen Substanzen, welche leicht durch die Wand der Harnkanälchen hindurchgehen, ab.

Es existirt aber auch eine Reihe von empirischen Thatsachen, welche dafür sprechen, dass wirklich dieser Diffusionsprocess stattfindet. Erstens ist der Harn, der sehr rasch abgesondert wird, sehr verdünnt, und Harn der langsam abgesondert ist, concentrirt. Die Concentration ist zwar zunächst und im hohen Grade abhängig von der Menge des Getränkes, welche genommen worden ist; aber doch ist der Morgenharn immer verhältnissmässig concentrirt, wenn auch am Abende vorher bedeutende Mengen von Getränk genommen worden sind, weil der Harn in der Nacht langsam abgesondert worden ist und lange in den Harnwegen verweilt hat. Andererseits werden manchmal in sehr kurzer Zeit grosse Mengen von sehr verdünntem Harn gelassen, ohne dass vorher entsprechende Mengen von Getränk genommen worden wären, wie dies namentlich bei histerischen Frauenzimmern anfallsweise eintritt. Ein solcher Harn ist oft fast so hell wie Wasser, und sein specifisches Gewicht wenig von dem des Wassers verschieden. Da vorher keine entsprechenden Wassermengen genommen sind, so muss man diese geringe Concentration mit hoher Wahrscheinlichkeit davon ableiten, dass dieser Harn sehr rasch durch die Harnwege hindurchgegangen ist.

Beim Menschen scheint sich der Harn noch in der Blase durch Diffusion zu concentriren; denn in Fällen von Harnverhaltung, wo endlich mit dem Katheter der Urin abgelassen wird, bekommt man immer einen sehr concentrirten, niemals einen verdünnten Urin. Bei Hunden soll das nicht der Fall sein, bei diesen soll Urin, der in die Blase eingespritzt worden ist, an Wasser zunehmen.

Wir finden ferner, dass die Menge der löslichen Substanzen einen Einfluss hat auf die Menge des Wassers, welche mit dem Harne ausgeschieden wird. Unter den Amphibien gibt eine Anzahl ihren Stickstoff in Gestalt von Harnsäure und harnsauren Salzen ab, z. B. die Schlangen. Ihr Harn führt immer nur wenig Wasser mit, weil er lauter schwer lösliche Substanzen enthält. Er wird als eine breiige Masse entleert und erhärtet an der Luft. Auch die Vögel, welche gleichfalls hauptsächlich Harnsäure ausscheiden, haben nur eine geringe Menge von Flüssigkeit in ihrem Harne. Dagegen haben andere Amphibien, Frösche und Schildkröten, welche Harnstoff ausscheiden, einen reichlichen wässerigen Urin, wie die Säugethiere und die Menschen. Wenn Zucker in grosser Menge

in den Urin übergeht, so übt er immer eine grosse Anziehung auf das Wasser aus, und die Folge davon ist, dass in der Regel bei zuckerreichem Harne, — und, so viel mir bekannt ist, ausnahmslos, wenn die Zuckermengen sehr gross sind, — grosse Mengen von Wasser aus dem Körper ausgeschieden werden.

Man hat den Einfluss des Zuckers auf die Menge des Wassers, welche aus dem Körper ausgeschieden wird, in Abrede gestellt, weil Polyurie vorkommt, Ausscheidung grosser Mengen von Harn, ohne dass Zucker in demselben enthalten ist, und andererseits Harn vorkommt, welcher das normale Maass überschreitende Mengen von Zucker enthält, bei dem aber die Menge der Flüssigkeit nicht entsprechend vermehrt ist. So schlagend diese Gründe auf den ersten Anblick erscheinen, so sind sie es doch nicht mehr, wenn man sie näher betrachtet. Man muss sich vor allem klar machen, dass, abgesehen von dem Wasser, das durch die Zersetzung organischer Verbindungen gebildet wird, auf die Dauer nie mehr Wasser aus dem Körper herauskommen kann, als man hineingebracht hat, dass andererseits aber alles Wasser, was man in den Körper hineinbringt, wieder herauskommen muss, wenn der Körper überhaupt im Beharrungszustande erhalten werden soll. Wenn also Jemand sehr viel trinkt, so muss er sehr viel Urin lassen, gleichviel aus welchen Gründen er trinkt. Polyurie, der sogenannte Diabetes insipidus, ist keine bestimmte Krankheit, sondern es ist eine Erscheinung, welche in sehr verschiedenen Ursachen ihren Grund haben kann, und in den meisten Fällen von sogenanntem Diabetes insipidus ist man gar nicht auf den Grund gekommen. Es hat oft weiter nichts vorgelegen, als dass der Mann sehr viel Wasser getrunken und dabei sehr viel Urin gelassen hat, ohne dass man wusste, ob er viel Wasser trank, weil er viel Urin liess, oder ob er viel Urin liess, weil er viel Wasser trank. Dergleichen Polyurien erscheinen vorübergehend aus blossen gastrischen Störungen, welche dem Menschen viel Durst machen, ihn antreiben viel Wasser zu trinken und dadurch bewirken, dass er viel Urin lässt. Manchmal ist man aber der Ursache einer Polyurie, die, obgleich sich im Harn kein Zucker nachweisen liess, doch lange fortdauerte, auf den Grund gekommen. Ein Fall dieser Art ist besonders lehrreich. Ein Mann, in einem Krankenhause aufgenommen, entleerte grosse Mengen eines nicht zuckerhaltigen Harnes und trank dabei auch bedeutende Mengen von Wasser. Der Arzt glaubte letzteres sei eine üble Angewöhnung, und meinte, er würde weniger Harn entleeren, wenn er weniger Wasser zu trinken bekommen würde. Das war auch in der That der Fall, aber es stellten sich bald urämische Erscheinungen ein, und, als man dem Patienten wieder reichlich Wasser gab, war es zu spät; denn er erlag der Urämie. Bei der Section fand man das Nierengewebe auf beiden Seiten fast vollständig verödet, so dass die Nieren in sackartige Gebilde umgewandelt waren. Dieser Mann hatte mit seiner geringen Menge von Nierengewebe seinen Körper sehr schwer von den Harnbestandtheilen reinigen können, er hatte deshalb die grossen Mengen von Wasser durchgeschwemmt, um seinen Harnstoff und die übrigen Harnbestandtheile los zu werden. Von dem Augenblicke an, wo ihm die ersteren entzogen wurden, häuften sich letztere im Körper an, und es trat Urämie ein, an welcher der Kranke zu Grunde ging.

Von den Fällen, welche bisher als Fälle von Diabetes insipidus angesehen worden sind, würde übrigens vielleicht mancher bei genauerer chemischer Untersuchung in anderem Lichte erschienen sein. Man sollte sich nie mit dem blos negativen Resultate der Zuckerprobe begnügen, sondern wenigstens, ehe man von reiner Polyurie spricht, jedesmal das specifische Gewicht des Harns untersuchen, beziehungsweise die Menge von gelösten Substanzen, die binnen 24 Stunden im Harne aus dem Körper austritt; denn nur wenn diese letztere nicht vermehrt ist, hat man ein Recht von einfacher Polyurie zu sprechen. Ist sie vermehrt, so hat man zu untersuchen, welche Substanz die Vermehrung bedingt.

Von den Fällen von Diabetes insipidus ist keiner dafür beweisend, dass der Zucker keinen Einfluss auf die Harnmenge habe. Ebenso sind aber auch jene Fälle nicht beweisend, bei welchen pathologischer Zucker im Urin war, und doch keine grossen Harnmengen ausgeschieden wurden. Erstens sind es Fälle, bei denen die Menge des Zuckers noch verhältnissmässig nicht gross war. Bei grossen Zuckermengen ist immer zugleich Polyurie vorhanden, bei kleineren Zuckermengen ist dies aber häufig nicht der Fall, und man kann dies nur davon herleiten, dass die Störungen, welche durch den vermehrten Zuckergehalt des Blutes im Organismus hervorgerufen wurden, noch nicht derart waren, dass sie den Kranken in seiner subjectiven Empfindung anregten, grössere Mengen von Getränk zu sich zu nehmen. So lange er nicht veranlasst war, grössere Mengen von Getränk zu sich zu nehmen, konnte er auch nicht auf die Dauer grössere Mengen von Wasser ausscheiden. In solchen Fällen hat der Harn, was die regelmässigen Harnbestandtheile anlangt, seine normale Concentration, aber sein specifisches Gewicht ist etwas erhöht durch das Mehr von Zucker, welches er enthält. Das specifische Gewicht erreicht hier noch immer nicht diejenige Höhe, welche bei hohen Graden von Diabetes vorkommt, wo andere Harnbestandtheile wegen ihrer Vertheilung in einer grossen Flüssigkeitsmenge scheinbar fast vollständig verschwunden sind, und fast die ganze Menge der festen Bestandtheile des Harnes aus Zucker besteht.

Nach der Ludwig'schen Theorie erklären sich auch sonst räthselhafte Zufälle im Verlaufe und in der Folge von Albuminurie. In der grössten Anzahl der Fälle von Albuminurie sieht man keine Urämie auftreten, sondern es zeigen sich nur Erscheinungen der Hydrämie und in Folge davon die Wassersucht, unter welcher dann, wenn keine Heilung erfolgt, die Individuen zu Grunde gehen. Ein solcher Process kann Monate, kann Jahre lang dauern, ohne dass sich die Erscheinungen der Urämie zeigen. In andern Fällen dagegen tritt nach kurzer Zeit Urämie ein. Man kann sich diese Erscheinung so erklären, dass man die ersteren Fälle ansieht als diejenigen, bei welchen das Nierengewebe nur partiell ergriffen ist, noch eine bedeutende Quantität von gesundem Nierengewebe vorhanden ist. So lange dieses noch zur Reinigung des Körpers von Harnbestandtheilen genügt, können keine urämischen Erscheinungen eintreten; wohl aber muss durch den steten Verlust an Eiweisskörpern Hydrämie und in Folge davon Wassersucht auftreten. Die letzteren Fälle kann man dagegen auffassen als solche, bei denen die Veränderungen gleichzeitig in der ganzen Ausdehnung der beiden Nieren platzgreifen. Wenn das der Fall ist, so muss der Diffusionsprocess, durch

welchen das Blut von den Harnbestandtheilen gereinigt wird, gestört werden; denn die eigentliche Ursache dieses Diffusionsprocesses ist ja, dass auf der einen Seite Eiweisssubstanzen, und auf der andern Seite keine Eiweisssubstanzen sind. Wenn dieser Diffusionsprocess gestört worden ist und einige Zeit gestört bleibt, dann müssen in Folge davon urämische Erscheinungen eintreten. Soweit die Erfahrung reicht, stimmt auch diese Auffassung der beiden Arten von Fällen mit den Sectionsbefunden.

Diese Theorie der Diffusion und Filtration bezieht sich indess nicht auf alle Erscheinungen bei der Harnabsonderung. Wir haben gesehen, dass ein Theil der Amphibien und der Vögel den grössten Theil seines Stickstoffs in Gestalt von Harnsäure ausscheidet. Das findet auch bei den Schnecken statt. Wenn man das Epithel einer Schneckenniere ansieht, so findet man das Protoplasma der Zellen ganz durchsetzt von zum Theil sehr grossen Kugeln, bestehend aus Harnsäure und harnsauren Salzen. Diese werden aus denselben ausgestossen und bilden dann in breiiger Masse den Hauptbestandtheil des Harns. Früher glaubte man, die Zellen müssten dabei zu Grunde gehen, weil man glaubte, dass sie aus einer Membran und einem flüssigen Inhalte bestünden; jetzt aber wissen wir, dass nackte Zellen fremde Körper aufnehmen können, ohne dabei zu Grunde zu gehen, sie können also auch feste Körper, welche in ihrem Innern enthalten sind, ausstossen, ohne dass sie dabei zu Grunde gingen, und das findet in der That in der Schneckenniere statt. In ähnlicher Weise kann man auch den Process in der Schlangen- und in der Vogelniere verfolgen, nur dass die Harnsäurekugeln nicht so gross sind, wie man sie in den Epithelzellen der Schneckenniere findet. Hier werden also offenbar Harnsäure und harnsaure Salze in Substanz, in Körnchen, abgesondert und ausgestossen, dieselben Körnchen, aus welchen der ganze breiige Harn der Schlangen besteht. Dies findet auch beim Menschen statt und zwar in grösster Ausdehnung während des Embryonallebens und, wie es scheint, auch noch in den ersten Zeiten nach der Geburt. Manchmal sind hier so viel Harnsäure und harnsaure Salze in Substanz ausgeschieden, dass ganze Gruppen von Harnkanälchen damit wie mit einer körnigen Masse angefüllt sind. Es ist dies der sogenannte Harnsäureinfarct der Neugeborenen.

Ob alle Harnsäure, welche überhaupt in den Epithelzellen der Harnkanälchen erscheint, als solche ausgestossen wird, oder ob sie noch in den Epithelzellen wieder weiter zerfallen kann, so dass sie Harnstoff, Oxalsäure u. s. w. bildet, weiss man bis jetzt nicht. Ueber den Antheil der Epithelzellen an der Harnsecretion hat Heidenhain in neuerer Zeit interessante Versuche angestellt. Er hat indigschwefelsaures Natron in die Venen injicirt und den ausgeschiedenen Farbstoff immer nur in den gewundenen Harnkanälen und im erweiterten Theile der Henle'schen Schlingen wiedergefunden, theils im Lumen, theils in den Epithelzellen. Die Malpighi'schen Kapseln waren durchweg frei von Farbstoff. Es ist darnach nicht unwahrscheinlich, dass die Epithelzellen auch bei der Ausscheidung anderer Substanzen, sei es dass sie normal im Blute vorkommen, sei es dass sie vorübergehend in dasselbe gebracht worden sind, eine wesentliche, aber bis jetzt noch räthselhafte Rolle spielen. Unberechtigt würde der Schluss sein, dass alle wesentlichen Bestandtheile des

Harns auf diesem Wege und nur auf diesem Wege abgesondert werden, und die Glomeruli nur die Quelle des Wassers, beziehungsweise des Wassers und der Salze seien. Es ist z. B. im höchsten Grunde unwahrscheinlich, dass eine so leicht diffundirbare Substanz wie der Harnstoff nicht in ähnlichem procentischem Verhältniss, wie ihn das Blut enthält, mit dem Wasser in die Malpighi'sche Kapsel abfiltrirt werden sollte und weder in Heidenhain's Versuchen noch in anderen liegt ein Grund, dies zu verneinen. Dass man dergleichen Schlüsse aus Heidenhain's Resultaten nicht ziehen darf, haben auch die Versuche von v. Wittich gezeigt, der fand, dass sich die Glomeruli und der Inhalt der Harnkanäle, aber nicht die Epithelzellen derselben roth färben, wenn man karminsaures Ammoniak ins Blut einspritzt.

Veränderungen des Harns ausserhalb des Körpers, Sedimente.

Der Harn wird, wie wir gesehen haben, in der Regel mit saurer Reaction gelassen. Wenn man ihn an einem nicht zu warmen Orte aufbewahrt und von Zeit zu Zeit seine Reaction prüft, so wird man bemerken, dass dieselbe stärker sauer wird. Das dauert je nach der Temperatur mehrere Tage, es kann, wenn der Harn im Keller oder im Winter im ungeheizten Zimmer aufbewahrt wird, 8 bis 10 Tage dauern: es ist die sogenannte saure Harngährung. Die Säure, die sich hier bildet, ist Milchsäure. Man leitete dieselbe früher von der Zersetzung eines Pigmentes ab, dessen Umwandlung in Milchsäure aber niemals nachgewiesen wurde. Es ist viel wahrscheinlicher, dass die kleinen Mengen von Zucker, welche der Harn enthält, die Quelle der Milchsäure sind. Es ist eine bekannte Thatsache, dass kleine Mengen von Zucker, welche mit grösseren Mengen von anderweitigen Substanzen, namentlich stickstoffhaltigen, gemengt sind, nicht die Alkoholgährung, sondern die Milchsäuregährung eingehen. In ähnlicher Weise wie man im Harne die saure Gährung beobachtet, kann man auch die saure Gährung in einer verdünnten Lösung von Hühnereiweiss beobachten. Auch Hühnereiweiss enthält immer eine kleine Quantität Zucker. Wenn man dasselbe mit Wasser verdünnt, neutralisirt und an einem kühlen Orte aufbewahrt, so dass es nicht fault, so bemerkt man, dass es nach und nach saure Reaction annimmt.

Nach längerer Zeit und um so früher, je höher die Temperatur ist, in welcher der Harn steht, um so früher ferner, je mehr dem Harne Schleim, Eiter beigemengt sind, wird die Reaction alkalisch. Es beruht dies darauf, dass unter dem Einflusse eines fauligen Zersetzungsprocesses der Harnstoff in Kohlensäure und Ammoniak zerfällt. Es ist die sogenannte alkalische Harngährung oder die Fäulniss des Harns. Erst jetzt nimmt der Harn den stinkenden Geruch nach kohlensaurem Ammoniak an, den er im frischen Zustande durchaus nicht hat.

Während dieser verschiedenen Perioden treten häufig Niederschläge in dem ursprünglich klaren Harne auf. Mancher Harn, namentlich Harn von Fieberkranken in einem gewissen Stadium, dann Harn von Menschen, welche sich grossen Anstrengungen unterzogen, einen anstrengenden Marsch gemacht, eine Nacht durch getanzt haben, scheidet beim Erkalten ein Sediment aus, das anfangs gelblichweiss ist, sich aber später röthlich

färbt, so dass es das Ansehen von Ziegelmehl bekommt. Nach diesem ziegelmehlartigen Ansehen führt das Sediment den Namen Sedimentum latericium. Es besteht aus sauren harnsauren Salzen, welche sich ausscheiden, weil sie in der kalten Flüssigkeit viel weniger löslich sind als in der warmen. Es ist viel darüber gestritten worden, ob dieses Sediment aus harnsaurem Natron oder harnsaurem Ammoniak bestehe. Durch die Untersuchungen von Heintz und Bence Jones hat es sich herausgestellt, dass die Hauptmasse dieser Sedimente in der Regel harnsaures Natron ist, das sich in kleinen Körnchen ausgeschieden hat. Ausserdem kommt aber darin auch harnsaures Ammoniak, harnsaures Kali, harnsaurer Kalk und harnsaure Magnesia vor. Dieses Sedimentum latericium löst sich wieder auf, wenn man den ganzen Harn erwärmt, weil die sauren harnsauren Salze in der warmen Flüssigkeit viel löslicher sind als in der kalten. Manchmal bleibt ein Theil des Sediments ungelöst. Dasselbe besteht nämlich nicht immer blos aus harnsauren Salzen, sondern es ist ihm auch manchmal Harnsäure in Substanz und oxalsaurer Kalk beigemengt. Die Harnsäure scheidet sich aus in rhombischen Tafeln, in der sogenannten Wetzsteinform oder in Nadelbüscheln (siehe S. 366 Fig. 38), der oxalsaure Kalk in Oktaedern (siehe Fig. 40), und da diese Oktaeder unter dem Mikroskope von oben gesehen ein Rechteck mit zwei sich kreuzenden Diagonalen zeigen, so hat man diese Form die Briefcouvertform genannt.



Fig. 40.

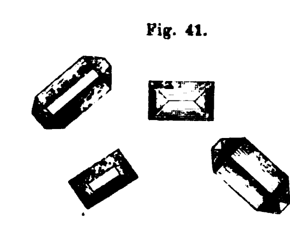
Wenn der Harn, während sich das Sedimentum latericium gebildet hat, die saure Gährung eingeht, so werden die Urate in freie Harnsäure umgewandelt, das Sediment, das früher als ein grossentheils amorphes Pulver dagelegen hatte, wird krystallinisch, und, wenn man es nun untersucht, so besteht es aus Krystallen von Harnsäure, denen eventuell Krystalle von oxalsaurem Kalk beigemengt sind.

Es kann sich auch beim ruhigen Stehen des Harnes kein Sedimentum latericium, aber ein anderes Sediment bilden, ein Sediment, das erst wie eine weissliche Wolke im Harne schwebt und sich nach und nach flockig zu Boden setzt. Dieses Sediment besteht aus phosphorsaurem Kalk. Es rührt daher, dass der Harn beim Stehen die aufgelöste Kohlensäure verloren hat, und sich deswegen ein Theil des phosphorsauren Kalks ausschied. Es bildet sich nur in solchem Harn, der von vorneherein schwach sauer ist, denn, wenn er stärker sauer ist, hält er auch nach dem Abdunsten gasförmiger Kohlensäure die Phosphate als saure phosphorsaure Salze in Auflösung. Es ist dies dasselbe Sediment, von dem ich bei der Prüfung auf Eiweiss gesprochen habe (S. 395). Der ganze Unterschied besteht darin, dass beim Kochen die aufgelöste Kohlensäure plötzlich, und beim Stehen des Harns langsam entweicht.

Wenn der Harn anfängt zu faulen, die alkalische Gährung einzugehen, so entstehen die Sedimente des alkalischen Harns, unter den harnsauren Salzen noch harnsaures Ammoniak, dabei aber phosphorsaurer Kalk und phosphorsaure Ammoniakmagnesia. Es kann im Harne im Allgemeinen erscheinen normaler phosphorsaurer Kalk in dem alle drei Wasserstoffatome der Säure durch Calcium vertreten sind, und derjenige saure phosphorsaure Kalk, in welchem zwei Wasserstoffatome der Säure

durch Calcium vertreten sind, weil er auch noch einigermassen schwer löslich ist und sich krystallinisch ausscheidet. Der dritte, bei dem nur ein Wasserstoffatom der Säure durch Calcium vertreten ist, kann sich nicht ausscheiden, weil es zu leicht löslich ist. Während der alkalischen Harngährung scheidet sich aber der ganze Kalk als normaler phosphorsaurer Kalk im amorphen Zustande aus und dieses amorphe Sediment ist gemischt mit zahlreichen Krystallen von phosphorsaurer Ammoniakmagnesia, welche sich ausserdem, wenn die Flüssigkeit ruhig gestanden hat, auch an den Wänden des Gefässes und an der Oberfläche der Flüssigkeit findet. Da die phosphorsaure Ammoniakmagnesia Krystalle bildet, welche von der Fläche gesehen einen ähnlichen Anblick geben, wie die hohen Sargdeckel, welche in manchen Gegenden Deutschlands üblich sind, so hat man diese Krystalle mit dem Namen der Sargdeckelformen (siehe Fig. 41) bezeichnet. Zu dieser Zeit pflegen auch Pilze und Vibrionen im Harne zu entstehen, und diese bilden bisweilen mit den Krystallen von phosphorsaurer Ammoniakmagnesia einen hautartigen Ueberzug auf der Oberfläche des Harnes, einen rahmartigen Beleg, welchen man zuerst auf dem Harne von Schwangeren beobachtete, und welchen man mit dem Namen der Kyesteinschicht belegte. Man glaubte daraus die Schwangerschaft diagnosticiren zu können. Es hat sich aber gezeigt, dass das sogenannte Kyestein keine eigenthümliche und auch keine charakteristische Substanz sei, sondern dass es ein aus Pilzen, Vibrionen und kleinen Krystallen bestehender Beleg sei, der sich auch auf anderm Harne bildet, vorausgesetzt, dass dieser auch leicht die alkalische Gährung eingeht. Das ist aber beim Harne der Schwangeren wegen der grösseren Menge von Schleim, welcher demselben in der Regel beigemischt ist, vorzugsweise der Fall. Abbildungen über die verschiedenen Harnsedimente, um sie unter dem Mikroskope wiederzuerkennen, finden Sie im Atlas von Funke, und in noch reicherer Auswahl in dem Atlas über die physiologischen und pathologischen Harnsedimente von R. Ultzmann und K. B. Hofmann.

Fig. 41.



Harnsteine.

Solche Sedimente nun, wie sie ausserhalb des Körpers entstehen, können sich auch schon in der Blase bilden, sowohl Sedimente des sauren, als auch des alkalischen Harns. Je nach der Grösse der einzelnen sich ausscheidenden Theilchen ist der Harn nur getrübt, oder er lässt, nachdem er gelassen ist, sofort am Boden ein sandiges, manchmal ein grobkörniges Sediment erkennen, welches dann den Namen des Harngrieses führt.

Grössere Concretionen belegen wir mit dem Namen der Steine. Wir unterscheiden Nierensteine und Blasensteine. Die Blasensteine sind in der Regel, wenn sie sich nicht um fremde Körper gebildet haben, welche von aussen in die Blase hineingekommen sind, früher Nierensteine gewesen; sie haben ihren Weg durch den Ureter gemacht, sind aber dann in der Blase liegen geblieben und haben sich hier vergrössert.

Das häufigste, das gewöhnlichste Material für die Harnsteine, sowohl für die Nierensteine als für die Blasensteine, ist Harnsäure, theils als solche, theils in Gestalt von sauren harnsauren Salzen. Bei weitem bei den meisten Harnsteinen besteht daraus der Kern. Manchmal kann man noch in dem Kerne eine Lücke wahrnehmen, so dass man sieht, dass ursprünglich ein weicher Körper, ein Schleimflöckchen oder ein kleines Blutgerinnsel, vorhanden gewesen war, um welchen sich die Harnsäure zuerst abgelagert und so den Kern des Steines gebildet hat. Die Steine, welche ganz aus Harnsäure und harnsauren Salzen bestehen, haben in der Regel eine sphäroidische oder ellipsoidische Gestalt, sie sind im Allgemeinen auf der Oberfläche ziemlich glatt, und wenn man sie durchschneidet und den Durchschnitt polirt, so findet man denselben von lichtgelber bis orangegelber Farbe, manchmal auch etwas in's Bräunliche fallend und schön concentrisch geschichtet. Die Schichten zeichnen sich dadurch aus, dass sie auffallend gleichmässig sind, dass die eine sich immer der Gestalt der nächstfolgenden anschliesst. Diese Steine erreichen eine bedeutende Grösse. Ein grosser harnsaurer Stein, von dem sich die Hälfte in meinen Händen befindet, wog 229,3 Gramme.

Nächst der Harnsäure ist das häufigste Material für die Harnsteine der oxalsaure Kalk. Er bildet Steine von anderer Form und Farbe. Sie sind dunkel rehbraun, bisweilen fast schwärzlich gefärbt und haben eine überaus höckerige Oberfläche. Wegen dieser höckerigen Oberfläche bezeichnet man sie mit dem Namen der Maulbeersteine, der Calculi moriformes. Sie haben dabei eine viel grössere Härte als die harnsauren Steine. Wenn man einen Maulbeerstein durchschneidet, so findet man nicht selten, dass er im Innern einen Kern aus Harnsäure und harnsauren Salzen enthält. Diesen Kern erkennt man sogleich an seiner regelmässigen Schichtung und an den glatten sphäroidischen Oberflächen, welche die Schichten ursprünglich gehabt haben. Andererseits kommt es aber auch vor, dass sich um einen Maulbeerstein Schichten von Harnsäure und harnsauren Salzen ablagern. Wenn man dann einen solchen Stein durchschneidet, so bekommt man in der Mitte den mehr sternförmigen Durchschnitt des Maulbeersteins, während um denselben herum die unter sich nahezu parallelen Schichten des Uratbeleges verlaufen. Bei manchen Harnsteinen wechseln Harnsäure und oxalsaurer Kalk mit einander ab und sind auch untereinander gemengt, woraus wohl hervorgeht, dass die Ausscheidung von oxalsaurem Kalk und die Ausscheidung von Harnsäure in nahem Zusammenhange stehen, und dass die Oxalsäure des oxalsauren Kalkes nicht etwa von zufällig genossenem Sauerampfer oder Sauerklee herrührt, sondern von der Harnsäure, welche zerfällt und als eines ihrer Zersetzungsproducte Oxalsäure gibt.

Ein ausserordentlich viel selteneres Material für primäre Steinbildung ist das Cystin. In meinen Händen befindet sich ein Cystinstein, welcher von meinem verstorbenen Collegen Schuh durch Operation zu Tage gefördert worden ist. Er besteht aus fast reinem Cystin, ist an der Oberfläche nur mässig rauh, auf dem Durchschnitte nicht deutlich geschichtet, er besitzt vielmehr ein strahliges, krystallinisches Gefüge und ist auf dem geschliffenen Durchschnitte wachsglänzend: Er hat auch mit einem Stück Wachs das gemein, dass er von schmutzig gelbweisser, etwas

in's Grünliche spielender Farbe, und, was bei keinem andern Harnsteine der Fall ist, an den Kanten etwas durchscheinend ist.

Als weiteres Material für primäre Harnsteine ist noch das Xanthin zu nennen. Xanthinsteine, die selten sind, werden als den Harnsäuresteinen im Aeusseren im Allgemeinen ähnlich beschrieben, so dass man sie für harnsaure Steine halten könnte bis man bei der Untersuchung auf Harnsäure, statt der Harnsäurereaction die Reaction des Xanthins findet.

Endlich sind noch beschrieben worden Steine aus sogenannten Urostealith, einem bis jetzt noch räthselhaften Körper, über welchen ich Ihnen nichts Sicheres angeben kann. Es sind diese Steine überhaupt nur zweimal beobachtet worden: sie sollen aus einer brennbaren Substanz, welche man mit dem Namen Urostealith bezeichnet hat, bestehen.

Alle Steine, sie mögen aus welchem Material immer bestehen, können Veranlassung zu secundären Auflagerungen geben.

Die Substanzen, welche wir bis jetzt beschrieben haben, waren Sedimente aus dem sauren Harne; wenn aber ein Reizungszustand der Blase eintritt, so dass Schleim und Eiter abgesondert wird, so fängt der Harnstoff an sich zu zersetzen, der Harn wird alkalisch, und nun erscheinen die Sedimente des alkalischen Harns, normaler dreibasisch phosphorsaurer Kalk und phosphorsaure Ammoniakmagnesia, und diese lagern sich auf den bereits gebildeten Stein auf. So entstehen die secundären Schichten. Daher rührt es auch, dass die Praktiker die Erfahrung machen, dass bei Steinen aus Phosphaten, das heisst Steinen deren Oberfläche aus Phosphaten besteht, die Kranken viel mehr Schmerzen haben, als bei ganz rauhen Maulbeersteinen, die doch gewiss die Blase mechanisch stärker afficiren. So lange der oxalsaure oder harnsaure Stein noch seine natürliche Oberfläche hat, ist die Blase noch relativ gesund, während, wenn bereits secundäre Ablagerungen vorhanden sind, die Blase meist selbst erkrankt ist. Es geschieht nicht selten, dass der Harn zu verschiedenen Zeiten sauer ist, dann alkalisch wird, dann wieder sauer u. s. w., so dass sich nun abwechselnd Sedimente des alkalischen und des sauren Harns ablagern. In meinen Händen befindet sich ein Stein, welcher einen kleinen Kern von oxalsaurem Kalk mit etwas Uraten hat; darum haben sich sehr frühzeitig secundäre Schichten aus phosphorsaurem Kalk und phosphorsaurer Ammoniakmagnesia abgelagert. Darauf ist der Harn wieder sauer geworden, es haben sich wieder Urate und oxalsaurer Kalk abgelagert, dann ist er wieder alkalisch geworden, und so haben sich oftmals hintereinander die Sedimente des alkalischen und des sauren Harns abgelöst, so dass die gefärbten Schichten der primären mit den weissen der secundären Ablagerung abwechseln. Es kommt aber auch vor, dass Steine ganz aus phosphorsaurem Kalk und phosphorsaurer Ammoniakmagnesia bestehen, nämlich dann, wenn von vorne herein da, wo die Steinbildung statthatte, der Harn schon alkalisch war. Solche Steine haben sich häufig um eine Schleimflocke oder um ein Blutgerinnsel gebildet, und sie kommen namentlich dort vor, wo der Harn stagnirt, oder wo er besondere Gelegenheit hat zu faulen, in Divertikeln der Blase oder der Urethra, in Fistelgängen u. s. w. Wenn einer der beiden Bestandtheile, normaler phosphorsaurer Kalk oder phosphorsaure Ammoniakmagnesia, so vorherrscht, dass er den Stein

fast ausschliesslich bildet, so kann man dies leicht erkennen, denn der normale phosphorsaure Kalk scheidet sich in den Steinen amorph aus, während sich die phosphorsaure Ammoniakmagnesia in verhältnissmässig grossen Krystallen ausscheidet, die sich radiär gruppiren. Je mehr der Stein an seiner Oberfläche glatt und kreidig ist, um so mehr enthält er an derselben phosphorsauren Kalk; weisse kamm- oder spitzenartige Hervorragungen oder dendritische Rauhigkeiten rühren von phosphorsaurer Ammoniakmagnesia her.

Die Steine behalten in der Blase nicht immer ihre chemische Zusammensetzung. Wenn der Harn alkalisch wird, so wirkt er auf den bereits vorhandenen Harnstein ein. Hiebei pflegt er einen Theil des oxalsauren Kalks in kohlensauren Kalk umzuwandeln. Kohlensaurer Kalk kommt primär in menschlichen Harnsteinen, wenn überhaupt, höchst selten vor. Er ist Product einer Metamorphose des oxalsauren Kalks. Wenn Sie auf oxalsauren Kalk eine Lösung kohlensauren Ammoniaks einwirken lassen, so finden Sie nach einiger Zeit den Rest des oxalsauren Kalks gemengt mit einer grösseren oder geringeren Menge von kohlensaurem Kalk, und andererseits finden Sie in der Flüssigkeit oxalsaures Ammoniak. Dieselbe Zersetzung geht nun auch in der Blase vor, der Kalk tauscht auch hier die Oxalsäure gegen Kohlensäure aus. Auch auf die Harnsäure wirkt der ammoniakalische Urin, indem ganz langsam harnsaures Ammoniak gebildet wird; das geschieht an der Oberfläche, geschieht aber auch im Innern, wo der Harn irgendwie Gelegenheit hat durch Spalträume oder durch Poren in das Innere des Steines einzudringen. Nun nimmt aber das harnsaure Ammoniak einen grösseren Raum ein als die Harnsäure, und die Folge davon ist, dass es als Sprengmittel wirkt. Hierauf beruht die auf den ersten Anblick so räthselhafte Selbstzertrümmerung der Steine. Man findet Steine, von welchen offenbar innerhalb der Blase Stücke abgesprungen sind, ja man befördert manchmal aus der Blase Steine heraus, welche im Innern vollständig zertrümmert sind und nach aussen umgeben von secundären Schichten, von phosphorsaurem Kalk und phosphorsaurer Ammoniakmagnesia, gemengt mit harnsaurem Ammoniak. Diese Steine versteht man erst, wenn man andere sieht, welche auf dem Durchschnitte zahlreiche Spalträume zeigen, die alle mit harnsaurem Ammoniak ausgefüllt sind, und sieht, dass auch an den Stücken des zertrümmerten Steines ähnliche, wenn auch kleinere Sprünge vorhanden sind, welche gleichfalls schon angefüllt sind mit harnsaurem Ammoniak; dann liegt der Schluss nahe, dass von solchen Spalten aus die ganze Zertrümmerung des Steines vor sich gegangen ist. Andererseits waschen sich manchmal, da das harnsaure Ammoniak doch löslicher ist als die Harnsäure, metamorphische Schichten zwischen secundären theilweise heraus, so dass der Stein hinterher aus lauter Schalen besteht, welche unter sich nur locker zusammenhängen. Sie sehen ein, dass das ein Process ist, welcher der künstlichen Zertrümmerung des Steines in sehr dankenswerther Weise vorarbeitet.

Die Erkennung der Bestandtheile der Harnsteine macht im Allgemeinen keine besonderen Schwierigkeiten. Von den Reactionen auf Harnsäure, Xanthin, Cystin haben wir bereits gesprochen. Steine, in denen man Xanthin neben Harnsäure vermuthet, soll man mit Chlorwasserstoffsäure ausziehen, welche das Xanthin, aber nicht die

Harnsäure aufnimmt und beim Abdampfen **Krystalle von chlorwasserstoffsaurem Xanthin** absetzt. Den **oxalsauren Kalk erkennt** man, indem man das Pulver des Steines mit einer Lösung von kohlensaurem Natron kocht; dann bildet sich kohlensaurer Kalk und oxalsaures Natron; von dem kohlensauren Kalk filtrirt man ab und tröpfelt dann zu der Flüssigkeit, nachdem sie mit Essigsäure angesäuert ist, eine Lösung von schwefelsaurem Kalk hinzu. Bringt diese eine Trübung hervor, so hat man ein Recht auf das Vorhandensein von Oxalsäure zu schliessen. Der phosphorsaure Kalk und die phosphorsaure Ammoniakmagnesia werden dadurch erhalten, dass man das zur Gewinnung der harnsauren Salze mehrmals mit Wasser ausgekochte Pulver von einem Stücke der zu untersuchenden Schicht mit Essigsäure auszieht und die essigsaure Auflösung mit Ammoniak wieder fällt. Man darf nur nicht glauben, dass die Phosphate in den Harnsteinen durch Essigsäure immer so leicht aufgelöst werden, wie sich ein Niederschlag von normalem phosphorsauren Kalk oder von phosphorsaurer Ammoniakmagnesia auflöst. Denn die organischen Substanzen, welche zwischen den Partikeln des phosphorsauren Kalks und der phosphorsauren Ammoniakmagnesia liegen, setzen, namentlich wenn sie eingetrocknet sind, der Einwirkung der Essigsäure oft einen sehr grossen Widerstand entgegen. Es bildet sich auch beim Eindringen der Essigsäure in das Pulver krystallinischer [$(H, Ca) PO_4$] phosphorsaurer Kalk, auf den die Essigsäure, wenn sie nicht in grossem Ueberschusse vorhanden ist, nur langsam einwirkt. Man bedient sich deshalb mit Vortheil eines Gemenges von Essigsäure mit verdünnter Chlorwasserstoffsäure, aber dieses löst nicht allein kohlensauren Kalk, wie es die reine Essigsäure auch thut, sondern auch oxalsauren Kalk auf. Man setzt deshalb dem Filtrate unter stetem Umrühren oder Umschütteln Ammoniak in kleinen Portionen zu. Ist dann oxalsaurer Kalk aufgelöst, so scheidet er sich aus, wenn die Flüssigkeit noch von Essigsäure stark sauer ist. Man lässt dann absetzen, filtrirt vom Niederschlage ab und fällt nun die Phosphate durch überschüssig zugesetztes Ammoniak. Man sammelt den Niederschlag auf dem Filtrum und untersucht eine Probe mikroskopisch auf Krystalle von phosphorsaurer Ammoniakmagnesia, die sich bei der raschen Fällung gewöhnlich in zierlichen stern-, büschel- und fiederförmigen Krystallgruppen ausscheidet. Den Rest glüht man auf dem Platinbleche um zu sehen, wieviel davon wirklich aus feuerfesten Bestandtheilen besteht, und was etwa an in der Säure löslichen organischen Substanzen beim Sättigen der Säure wieder mit den Erden herausgefallen ist.

Den Rückstand löst man in einem Reagirglase unter Erwärmen in stark verdünnter Salpetersäure, wirft einen Krystall von molybdänsaurem Ammoniak hinein und erwärmt nochmals. Man erkennt dann den Gehalt der Probe an Phosphorsäure an dem gelben Niederschlage von phosphormolybdänsaurem Ammoniak. War sehr wenig Phosphorsäure zugegen, so färbt sich die Flüssigkeit beim Erwärmen nur gelb, scheidet aber doch meistens beim Erkalten unter Entfärbung eine geringe Menge eines gelben Pulvers aus.

Die stets an Kalk gebundene Kohlensäure erkennt man, wenn man das vorher mit Wasser ausgekochte Pulver des Steines mit verdünnter

Schwefelsäure oder verdünnter Chlorwasserstoffsäure versetzt und das sich etwa entwickelnde Gas in Kalk- oder Barytwasser einleitet.

Bei der Häufigkeit der Steinkrankheit in einigen Gegenden hat man sich sehr viel Mühe gegeben, die Ursachen zu ermitteln, denen dieselbe zuzuschreiben ist. Man ist aber dabei nicht glücklich gewesen. Wenn man irgend einen Anhaltspunkt zu finden geglaubt hatte, so hat es sich hinterher doch wiederum gezeigt, dass er nicht brauchbar sei. Man leitete in einzelnen Gegenden, wie z. B. im würtembergischen Oberlande, wo sehr viel saurer Wein getrunken wird, die Steine von dem Genusse des sauren Weines her. Es hat sich aber seitdem gezeigt, dass in andern Gegenden, wie z. B. in den Moselgegenden, wo eben so viel saurer Wein getrunken wird, die Steine ausserordentlich selten sind, ja viel seltener als in manchen Gegenden, in denen gar kein Wein getrunken wird. So ist z. B. in einigen Gouvernements von Russland unter den Bauern, welche gewiss keinen Wein zu trinken bekommen, die Steinkrankheit häufiger, als in Deutschland oder in irgend einer Weingegend. Auch in Persien, wo der grösste Theil der Bevölkerung sich des Weines aus religiösen Rücksichten enthält, sind von Dr. Polak Steine in Menge beobachtet worden.

Man hat auch die Steinkrankheit von kalkhaltigem Trinkwasser hergeleitet. Es hat sich dies aber nicht durchführen lassen, sondern es hat sich im Gegentheile gezeigt, dass in manchen Ländern, in denen sehr harte, kalkhaltige Wässer sind, die Steinkrankheit ausserordentlich selten ist, und in andern Ländern, die ein weiches wenig kalkhältiges Trinkwasser haben, die Steinkrankheit häufig ist. Ein wesentlicher Fortschritt ist in neuerer Zeit gemacht worden. Man hat nämlich früher, geleitet von Schriften über Steinkrankheit, die von englischen Aerzten herrührten, die Steinkrankheit im Ganzen als eine Krankheit alter Leute angesehen. Man hat wohl gewusst, dass bei Kindern auch Steine vorkommen, man hat das aber zu wenig beachtet. Durch die Erfahrungen, welche Balassa in Ungarn gemacht hat, hat es sich herausgestellt, dass die Steinkrankheit fast eine Kinderkrankheit zu nennen ist, indem er gefunden hat, dass nicht nur die Steinkrankheit bei Kindern verhältnissmässig häufig ist, sondern dass auch die Steine, welche bei Erwachsenen vorkamen, grösstentheils auf ein früheres Datum zurückzuführen waren, wenn man nach Beschwerden examinirte, welche etwa schon in der Jugend gefühlt worden waren. Dieselbe Erfahrung hat Dr. Polak in Persien gemacht, ja es sind ihm dort Säuglinge mit Symptomen vorgekommen, die denen einer Steinkolik ganz ähnlich waren. Ferner gibt Heller an, Uratconcretionen bei Säuglingen nicht nur in der Niere sondern auch in der Blase gefunden zu haben. Wenn man sieht, wie der Kern der Harnsteine in den meisten Fällen aus Harnsäure besteht, und erfährt, dass ein grosser Theil der Steine aus früher Jugend herrührt, so kann man kaum daran zweifeln, dass die Steinkrankheit mit dem Harnsäureinfarct der Neugebornen im directen Zusammenhange steht.

Da es ausserordentlich schwer ist, Erfahrungen zu machen über das Regime, welches bei der Steinkrankheit günstig oder ungünstig ist, und über die Medicamente, welche bei der Steinkrankheit nützlich sein können, so ist das, was man in derselben gethan hat, grösstentheils nach theoretischen Voraussetzungen gemacht worden. Im vorigen Jahrhundert

wurde in England namentlich viel Magnesia gegen Steinkrankheit gegeben. Es rührte dies her von der Vorstellung der Aerzte, dass man mit der Magnesia die Säure im Organismus tilgen müsse, weil diese die eigentliche Ursache der Krankheit sei. Obgleich man aber so viel Magnesia gab, dass in einzelnen Fällen Darmsteine aus Magnesia entstanden, so entsprach der Erfolg doch nicht den gehegten Erwartungen. Es trat später ein Frauenzimmer auf, welches ein Geheimmittel gegen die Steinkrankheit hatte, über das sogar im Parlamente verhandelt wurde, und als sie dieses Geheimniss aufdeckte, so zeigte es sich, dass ihr Mittel nichts Anderes war als spanische Seife. Von dieser Seife, die aus Olivenöl und Soda bereitet war, wurden die äusseren Rindenschichten weggenommen, und der Kern wurde innerlich gebraucht. Es lag offenbar auch hier die Idee zu Grunde, durch ein Alkali auf die Säure im Organismus zu wirken. Dann wurden kohlensaure alkalische Wässer getrunken, und diese sind es, welche ihren Ruf bis auf den heutigen Tag behalten haben. Man hat statt ihrer auch kohlensaure Alkalien allein gegeben, namentlich in neuerer Zeit auch kohlensaures Lithion, weil das saure harnsaure Lithion im Wasser viel leichter löslich ist als das saure harnsaure Natron. Aber die freie Kohlensäure in den alkalischen Wässern ist wahrscheinlich nicht ganz wirkungslos, indem sie dazu dient, selbst wenn der Harn nur noch schwach sauer ist, die Phosphate in Auflösung zu erhalten. Zugleich macht die Kohlensäure überhaupt grössere Mengen von diesen Wässern nehmbar, sie würden den Magen viel unangenehmer afficiren, wenn sie die Kohlensäure nicht enthielten, und die Menge der Flüssigkeit, die genommen wird, ist auch ein wesentlicher Factor, mit dem man rechnen muss, weil durch sie die Gelegenheit zu neuer Ausscheidung vermindert wird.

Es kann die Frage aufgeworfen werden, ob es möglich ist, durch ein bestimmtes Regime und durch bestimmte Medicamente die Ablagerung und das Wachsthum der Steine zu verhüten oder gar schon vorhandene Steine aufzulösen. Das kann im Allgemeinen nicht verneint werden, indem ganz bestimmte Daten dafür vorliegen, dass Harnsteine wenigstens partiell in den Harnwegen aufgelöst worden sind. Ich habe einen Harnstein gesehen, bei welchem es sich aus den Symptomen mit voller Bestimmtheit ergeben hatte, dass derselbe drei Wochen im Ureter gesteckt. Er hatte hier aber keine vollständige Verstopfung hervorgebracht, denn es hatte sich in demselben eine Rinne gebildet. Diese Rinne war glatt, während die übrigen Partien, welche dem Ureter angelegen hatten, rauh waren. Es war also klar, dass diese Rinne durch den durchgehenden Harn ausgewaschen worden war. Ebenso habe ich mehrmals an Steinen, die durch den Steinschnitt entfernt worden waren, ganz deutliche Usuren beobachtet, die mich an einer partiellen Auflösung nicht zweifeln liessen. Es ist eine solche auch an sich vollkommen begreiflich, weil von den Verbindungen, welche den Stein zusammensetzen, keine sowohl im sauren als auch im alkalischen Harn absolut unlöslich ist, sondern nur schwer löslich in verschiedenem Grade. Die harnsauren Salze, die Urate, sind sogar nur mässig schwer löslich, namentlich in der Flüssigkeit von einer Temperatur von 38⁰, welche sie umspült. Wenn also ein verdünnterer Harn mit ihnen in Berührung kommt, so kann er wieder einen Theil von ihnen aufnehmen. Daraus geht hervor, dass nicht nur die Qualität, son-

dern auch wesentlich die Quantität der Flüssigkeit, welche in den Körper hineingebracht wird, eine Rolle spielt. Damit mag es auch zusammenhängen, dass in exquisiten Bierländern und unter den Biertrinkern die Steinkrankheit verhältnissmässig selten ist. Als Ure fand, dass die Benzoesäure, in den Körper hineingebracht, als Hippursäure wieder fortgeht, glaubte man hiedurch ein Mittel gegen die Harnsäuresteine gefunden zu haben, man glaubte denjenigen Stickstoff, welcher sonst in Gestalt von Harnsäure fortgeht, in Gestalt von Hippursäure fortbringen zu können. Es hat sich dies aber nicht bewährt.

Die Hautsecretion.

Schweissdrüsen und Schweiss.

Wir gehen jetzt zu einem andern Kapitel über, zu den Ausscheidungen durch die Haut. Den Ausscheidungen durch die Niere müssen wir zunächst die Ausscheidungen durch die Schweissdrüsen anschliessen. Die Haut hat bekanntlich an manchen Stellen und namentlich an den behaarten Stellen eine mehr glatte Oberfläche, während sie an andern Stellen uneben gemacht ist durch Papillen der Cutis, welche sich an ihrer Oberfläche in Gebirgsketten hinziehen, über welche das Epidermislager hinweggeht und namentlich an der Vola manus und Planta pedis eigenthümliche Riffe bildet, welche der Richtung dieser Gebirgsketten folgen. Die Cutis selbst besteht aus Bindegewebe, in welches elastische Fasern eingewebt sind, und ausserdem kommen an allen behaarten Theilen glatte, organische Muskelfasern vor in Gestalt der sogenannten Arrectores pili, die von der Cutis entspringen, nach abwärts laufen und sich an das untere Ende des Haarbalges ansetzen, so dass sie die Haare, wenn sie sich zusammenziehen, heben und aufrichten und hiedurch die sogenannte Cutis anserina hervorrufen. Unter der Cutis liegt der Panniculus adiposus oder das subcutane Bindegewebe, ausgenommen diejenigen Stellen, wo die Muskeln sich unmittelbar mit dem festeren Bindegewebe der Cutis verbinden. Das subcutane Bindegewebe unterscheidet sich dadurch, dass es weniger dicht und fest gewebt ist als die eigentliche Cutis, und dass es unregelmässige rhomboidische Räume enthält, in welchen Fettzellen angesammelt sind.

Auf der Grenze zwischen der eigentlichen Cutis und dem subcutanen Bindegewebe liegen die Schweissdrüsen. Sie sind einfache tubulöse Drüsen, indem sie aus einem einfachen vielfach aufgeknäulten Tubulus bestehen. Derselbe geht in leichten Schwingungen durch das Bindegewebe der Cutis hindurch, geht dann in die Epidermis, macht in derselben korkzieherförmige Windungen und mündet mit einer trichterförmigen Oeffnung aus. Der secernirende Schlauch besteht aus einer dünnen, festen Membrana propria und ist inwendig ausgekleidet mit einem Epithel, dessen Zellen zwar nicht ganz platt sind, nicht etwa so platt, wie die Zellen auf den serösen Häuten oder auf der Innenwand der Gefässe, aber doch meist noch so niedrig, dass sie zum Pflasterepithel gezählt werden können. Höher sind sie in den Schweissdrüsen der Vola manus und der Kopfhaut,

so dass Krause sie hier schon zu den Cylinderzellen rechnet. Die Gefässe erhalten die Drüsen von den Arterien des Panniculus adiposus. Es verzweigt sich ein Arterienast in der Weise, dass er ein dichtes Netzwerk bildet, mittelst dessen er die Windungen des Drüsenganges umspinnt: dann entsteht eine ausführende Arterie, in welche sich wieder alle diese Gefässe sammeln. Das Gefässsystem der Drüse ist also ein kleines Wundernetz, in ähnlicher Weise, wie wir es bei dem Malpighi'schen Körperchen der Niere gesehen haben. Die ausführende Arterie läuft neben dem Ausführungsgange der Schweissdrüse nach aufwärts, verzweigt sich erst in der obersten Schichte der Cutis capillar und führt das Blut in die Schlingen, welche in die Hautpapillen hineingehen und in das oberflächliche Capillarnetz der Cutis. Die Schweissdrüsen haben also mit den Nieren gemein, dass ihr Secret aus dem arteriellen Blute abgeschieden wird. In der That hat man auch in dem Schweisse Harnsubstanzen gefunden.

Der Schweiss ist eine sauer reagirende Flüssigkeit, welche um so weniger feste Bestandtheile enthält, je reichlicher sie abgesondert wird. Man hat in ihr die Salze gefunden, welche im ganzen Körper verbreitet sind, ausserdem aber Milchsäure und mehrere Säuren aus der Gruppe der fetten Säuren. Man hat sie aber nicht in hinreichender Menge abscheiden können um ihre Diagnose völlig sicher zu stellen, sondern nach dem Geruche geurtheilt, so diagnosticirte man z. B. die Caprylsäure. welche den widerlichen Geruch nach Menschenschweiss hat. Weiter sind im Harne gefunden worden Harnstoff und Ammoniak. Harnstoff ist nicht immer gefunden worden, aber wenn kein Harnstoff gefunden worden ist, ist Ammoniak gefunden worden, was sich wohl so erklären lässt, dass Harnstoff als solcher in die Drüsen abgesondert worden ist, dass er aber nicht immer als solcher zum Vorschein kam, sondern, dass er sich manchmal vorher zersetzt hatte, und nur das Ammoniak, welches aus seiner Zersetzung hervorging, gefunden wurde. Ferner hat man im Schweisse eine eigene Säure gefunden, welche man mit dem Namen Hydrotsäure bezeichnet. Sie ist aber niemals rein dargestellt worden. Die Formel, welche man ihr zuschreibt, beruht auf der Analyse eines eingestandenermassen nicht reinen Silbersalzes. Dann hat man im Schweisse von Arthritikern Harnsäure gefunden, und endlich hat man noch eine dritte Substanz gefunden, welche an den Harn erinnert, nämlich das Indigo. Es war schon mehrmals blauer Schweiss beobachtet worden, und vor etwa 15 Jahren ist ein solcher von Bizio untersucht worden, und es hat sich gezeigt, dass die blaue Farbe von Indigo herrührte, und zwar von Indigo, der einen Bestandtheil des Schweisses ausmachte und ihm nicht etwa durch ein mit Indigo gefärbtes Kleidungsstück beigemischt war. Es wird also auch in den Schweissdrüsen die indigobildende Substanz abgesondert. sie wird durch die Säure des Schweisses gelegentlich zersetzt, und auf diese Weise entsteht dann das Indigo. Bekanntlich zeigt sich der Schweiss bei Sterbenden, manchmal auch bei Menschen, welche grosse Angst und Qualen ausstehen, in einzelnen klebrigen Tropfen, welche aus den Ausführungsgängen der Schweissdrüsen hervortreten, und welche nicht, wie dies gewöhnlich ist, saure, sondern alkalische Reaction haben sollen. Wie dieses Secret zu Stande kommt, kann man bis jetzt nicht sagen, es liegt nur die Vermuthung nahe, dass es diejenige Flüssigkeit ist, welche den Schlauch im Zustande der Ruhe, im Zustande der Nicht-

secretion ausfüllt, und welche unter besonderen Umständen aus dem Schlauche herausgetrieben wird.

In der Achselhöhle liegt eine Art von Drüsen, welche man gewöhnlich als die grossen Schweissdrüsen der Achselhöhle bezeichnet. Sie haben einen viel stärkeren Schlauch und dabei eine grössere Anzahl von Windungen. Der Schlauch ist mit einem Cylinderepithel ausgekleidet; unter diesem liegt eine Längsschichte von Faserzellen, auf welche dann erst die Membrana propria des Drüsenschlauches folgt. Diese Drüsen haben allerdings mit den Schweissdrüsen den Bau gemein, sie sehen ihnen ähnlich, sie sind auch einfache geknäulte, tubulöse Drüsen, nur dass alles in viel grösseren Dimensionen ausgeführt ist: das Secret aber, welches sie absondern, ist offenbar chemisch vom Schweisse vollständig verschieden, wie dies schon diejenigen Eigenschaften zeigen, welche unmittelbar in die Sinne fallen. Sie bilden auch nicht die einzigen Schweissdrüsen der Achselhöhle, sondern neben ihnen kommen die kleinen gewöhnlichen Schweissdrüsen vor, wie sie sich an der übrigen Körperoberfläche finden.

Eine andere Art grosser den Schweissdrüsen ähnlicher Drüsen führt den Namen der Circumanaldrüsen. Diese Drüsen bilden nach den Untersuchungen von Gay einen elliptischen Ring um den After herum, sie haben einen Kanal, der so weit und manchmal noch weiter ist als der Kanal der grossen Schweissdrüsen in der Achselhöhle, sie haben, wie diese, ein Cylinderepithel und haben auch das Faserzellenlager, welches ganz hart unter dem Epithel liegt. Diese Drüsen schliessen gegen den After hin die Region der Schweissdrüsen. Zwischen ihnen und der Afteröffnung kommen nur noch Talgdrüsen, und zwar Talgdrüsen von besonderer Grösse vor.

Glandulae caeruminalis.

Nach dem Typus der Schweissdrüsen gebaut, aber in ihrem Secrete vollständig verschieden sind die Glandulae caeruminales, welche im äusseren Gehörgange liegen. Sie sehen auf den ersten Anblick so aus, wie Schweissdrüsen, sie sind ebenso in die Haut eingebettet, sie unterscheiden sich aber dadurch, dass sie wegen der Farbe ihres Secretes gelblich erscheinen. Sie gleichen den grossen Schweissdrüsen der Achselhöhle und den Circumanaldrüsen durch das Faserzellenlager, sonst mehr den gewöhnlichen Schweissdrüsen, wie sie an der ganzen Oberfläche des Körpers verbreitet sind. Ihr Secret ist bekanntlich eine dickliche Emulsion, das Caerumen auris, das Ohrenschmalz.

Die Talgdrüsen.

(Glandulae sebaceae.)

Die Glandulae caeruminales bilden in Rücksicht auf ihr Secret den Uebergang zu den Talg- oder Schmerdrüsen, welche sich an der ganzen Hautoberfläche, mit Ausnahme der Vola manus und der Planta pedis finden. Da, wo Haare vorkommen, sind diese Talgdrüsen immer innig mit dem Haarbalge verbunden, indem sie neben demselben liegen und sich nicht frei an der Oberfläche der Haut sondern in den Haarbalg

öffnen. Sie sind acinöse Drüsen und bestehen aus einer bindegewebigen Membrana propria, welche mit einem polyedrischen Epithel ausgekleidet ist, dessen Zellen Fettkörnchen in sich ansammeln, sich abstossen und so das ganze Innere der Drüse ausfüllen. Das Secret besteht also theils aus abgestossenen Zellen, theils aus dem Fette, welches in diesen abgestossenen Zellen enthalten ist oder war, und aus Trümmern von solchen Zellen, welche zu Grunde gegangen sind. Dieses Secret ist das Hauttalg oder die Hautschmiere. Es besteht aus Eiweisskörpern, aus wahren Fetten und aus Cholesterin. An und für sich und unter normalen, unter physiologischen Verhältnissen ist es schwer, das Secret in grösserer Menge rein zu erhalten, weil man ja von der Hautoberfläche den Schweiss und das Hauttalg gemischt auffängt; aber es geschieht nicht selten, dass sich der Ausführungsgang einer solchen Drüse verstopft, und dann ein Ding entsteht, welches, so lange es klein ist, den Namen eines Comedo führt und, wenn es grösser ist, sich in eine Balggeschwulst umwandelt, deren Balg gebildet wird von der ausgeplätteten Membrana propria der Talgdrüse, während der Inhalt der Geschwulst das nach und nach immer mehr angesammelte Secret der Drüse darstellt. Bei solchen Geschwülsten hat man nun Gelegenheit, dieses Secret in grösserer Menge zu untersuchen, und da findet man auch die Cholesterintäfelchen, welche sich zwischen den zelligen Elementen der zerstörten Drüse abgelagert haben.

Von der Cutis nach abwärts zu den unteren Enden der Haarbälge erstrecken sich kleine aus contractilen Faserzellen gebildete Muskeln. Sie können den Haarbalg und mit ihm das Haar heben und aufrichten. Man nennt sie deshalb Arrectores pili. Diese Arrectores pili stehen zu den Talgdrüsen in einer eigenthümlichen Beziehung. Der Arrector pili erscheint auf Abbildungen gewöhnlich wie ein Strang, aber nur deshalb, weil er auf dem Durchschnitte abgebildet wird. In der That aber stellen die Muskeln der Haarbälge Lamellen dar, welche wie eine Schürze um die Talgdrüse herumgelegt sind, so dass sie sich nicht an einer Stelle, sondern ringsum am Haarbalge ansetzen und sich oben in der Cutis fächerförmig ausbreiten. Es liegen also die Talgdrüsen hier wie in einem Segel, und man kann sich wohl denken, dass, wenn sich diese Muskeln zusammenziehen, dabei zugleich auch ein Druck auf die Talgdrüsen ausgeübt wird, so dass das Secret derselben durch diesen Druck mechanisch ausgetrieben werden kann. Haare und Talgdrüsen stehen aber nicht immer in demselben Verhältnisse, wie es sich beim Haupthaare findet. An der Nase z. B. sind die Talgdrüsen ausserordentlich gross, die Haare dagegen sehr klein, so dass man hier nicht die Talgdrüse in den Haarbalg hineinmünden sieht, sondern im Gegentheile eine ungeheuere Talgdrüse, die mit ihrem Ausführungsgange frei an der Oberfläche ausmündet, und an der Wand des Ausführungsganges eine eigene kleine Tasche, die den Haarbalg des kleinen Haares bildet. Manchmal ist auch ein Haar unten abgestorben, und, obgleich es nicht ausgefallen, doch durch ein neues ersetzt worden, so dass zwei neben einander in einer solchen Talgdrüse stecken. Endlich kommen auch Talgdrüsen vor an Orten, an denen gar keine Haare sind. Das ist zunächst an den kleinen weiblichen Schamlippen und an der Innenseite der grossen der Fall. Hier kommen verhältnissmässig grosse Talgdrüsen vor, ohne dass sie mit Haaren in Beziehung stehen. Ebenso kommen sie vor auf der Innenfläche de-

Praeputiums und in der Falte, welche vom Praeputium gegen die Corona glandis hin liegt. Es wurden auch auf der Corona glandis eigene Talgdrüsen beschrieben, die sogenannten Glandulae Tysonianae. Diese sind aber, wie schon Gustav Simon vor beiläufig 30 Jahren nachgewiesen hat, keine Drüsen, sondern es ist eine Reihe von papillenartigen Hervorragungen, welche Tyson für Drüsen hielt. Strittig ist es, ob sich auf der Glans penis Talgdrüsen befinden oder nicht. Es ist das eine Frage, welche der Infectionen wegen eine praktische Wichtigkeit hat. Es werden noch in neuerer Zeit auf der Glans penis kleine Drüsen beschrieben, welche vereinzelt vorkommen sollen und im Ganzen den Typus der Talgdrüsen haben, nur dass sie noch einfacher gebaut sind und aus einem einfachen kolbigen Gebilde bestehen sollen. Es ist hier zu wiederholten Malen nach diesen Drüsen gesucht worden, es ist aber niemals etwas gefunden worden, und ich kann nicht sagen, dass ich auf der Glans penis im engeren Sinne des Wortes, d. h. auf ihrer convexen Oberfläche jemals irgend eine Drüse gesehen hätte. Es mögen aber diese Drüsen, wie manche andere Bildung, inconstant sein und in einzelnen, wenn auch nicht gerade sehr häufigen Fällen vorkommen.

Meibom'sche Drüsen.

An die Talgdrüsen schliessen sich die Meibom'schen Drüsen der Augenlider, welche im Tarsus eingebettet sind. Sie stellen den Typus acinöser Drüsen im botanischen Sinne des Wortes reiner dar als irgend welche andere Drüse. Sie haben einen gestreckten Ausführungsgang, in welchen die einzelnen Ausführungsgänge münden, die von den ringsum sitzenden Acinis kommen. Die Acini ihrerseits sind ausgekleidet und angefüllt mit polyedrischen Zellen, welche in ihrem Innern Fettkügelchen ansammeln. So entsteht ein emulsionartiges Secret, welches unter dem Namen der Augenbutter bekannt ist. Die Meibom'schen Drüsen münden mit ihrem Ausführungsgange am inneren Rande des Augenlides, während die Talgdrüsen in die Haarbälge der Cilien einmünden, welche am äusseren Rande der Augenlider stehen.

Die Respiration.

Wir haben früher gesehen, dass nur bei verhältnissmässig kleinen Organismen der Sauerstoff, welcher für den Stoffwechsel nöthig war, von der Oberfläche aufgenommen werden konnte. Nur bei sehr kleinen, oder bei etwas grösseren dann, wenn der Stoffwechsel sehr langsam ist, genügt hiefür die äussere Oberfläche. Wenn die Organismen grösser sind, oder wenn der Stoffwechsel rascher von statten gehen soll, muss der Sauerstoff den Organen durch Röhren (Tracheen) zugeführt werden, oder es existirt eine local vermehrte Oberfläche, zu welcher die Blutgefässe hingehen. Diese local vermehrte Oberfläche kann entweder nach aussen ausgestülpt sein, dann nennt man sie eine Kieme, oder sie kann nach innen eingestülpt sein, und dann nennt man sie eine Lunge. Nach

aussen ausgestülpt kann sie sein, da wo der Sauerstoff geathmet wird, welcher im Wasser aufgelöst ist: wo aber der Sauerstoff der atmosphärischen Luft direct geathmet wird, kann diese Oberfläche nicht nach aussen ausgestülpt sein, weil sie dann zu sehr der Verdunstung ausgesetzt wäre; da ist sie nach innen eingestülpt, und deshalb haben die in der Luft lebenden Thiere Tracheen oder Lungen.

Die einfachste Form einer Lunge ist ein nach innen eingestülpter Sack, auf dessen innerer Oberfläche sich Blutgefässe verbreiten. Eine weitere Vermehrung der Oberfläche besteht darin, dass dieser Sack wieder wandständige Unterabtheilungen hat, welche man mit dem Namen der Parietalzellen bezeichnet. Eine solche Lunge ist z. B. die Lunge des Frosches. Diese Parietalzellen können nun in sich wieder kleinere Parietalzellen tragen, wodurch natürlich eine noch grössere Vermehrung der Oberfläche erzielt wird. Dergleichen Bildungen kommen vielfach bei den beschuppten Amphibien vor, aber nicht immer gleichmässig in allen Theilen der Lunge. Die Parietalzellen verbreiten sich z. B. bei den Schlangen und Chamäleonen nicht über die ganze Lunge, sondern ein Theil der Lunge ist glatt, so dass er nur als ein Sack, als ein Luftreservoir dient, während ein anderer Theil der Lunge mit Parietalzellen erster und zweiter Ordnung versehen ist. Den Amphibienlungen ist noch allen gemeinsam, dass sie bei einer mässigen Vermehrung der Oberfläche eine bedeutende Capacität haben. Sie verbrauchen deshalb den Sauerstoff der Luft, mit der sie sich angefüllt haben, dem geringeren Sauerstoffbedürfniss entsprechend, nur langsam. Darauf zum Theile beruht es, dass diese Thiere längere Zeit unter Wasser bleiben können, ohne den Sauerstoff in ihren Lungen zu erneuern. Anders verhält es sich bei den Säugethieren und bei den Vögeln, wo die Oberfläche der Lunge, im Verhältnisse zu ihrer Capacität, zu der Menge von Luft, welche sie aufnehmen kann, viel grösser ist. Hier wird der Sauerstoff der Luft viel rascher verbraucht.

Die Luftwege der Säugethiere und des Menschen.

Um sich eine Vorstellung von der Lunge der Säugethiere und Vögel zu machen, können Sie sich vorstellen, dass Sie einen vielfach verzweigten Baum haben, das ist der Baum der Luftröhre mit den Bronchien als Aesten, und dass an den Endästen dieses Baumes lauter kleine Amphibienlungen hängen; sie stellen das dar, was man in der Anatomie die Infundibula der Lunge nennt. Bei den Vögeln communiciren alle diese Infundibula mit einander, so dass man von einer Stelle der Lunge aus die ganze Lunge aufblasen kann, bei den Säugethieren und beim Menschen ist dies nicht der Fall, es kommen zwar Communicationen zwischen neben einander liegenden Infundibulis vor, namentlich im späteren Alter, aber im Allgemeinen kann man von einem kleinen Luftgefässe aus immer nur ein Lungenläppchen injiciren. Ausgekleidet sind die Luftwege, so weit der verzweigte Baum, also das eigentliche Luftröhrensystem, das Bronchialsystem, reicht, mit einem Flimmerepithel. Dasselbe fängt im Kehlkopfe an, wo nur die wahren Stimmbänder statt des Flimmerepithels ein geschichtetes Pflasterepithel haben, wie es sich überhaupt zeigt, dass an denjenigen Theilen, die starken Reibungen

angesetzt sind, sich kein Flimmerepithel erhält, vielmehr dem widerstandsfähigeren Pflasterepithelium Platz macht. Das Flimmerepithel geht durch die Trachea in die Bronchien hinein als ein sogenanntes geschichtetes Flimmerepithel. Wir haben früher gesehen, dass diese geschichteten Flimmerepithelien, wie überhaupt die geschichteten Cylinderepithelien, eigentlich nicht im wahren Sinne des Wortes geschichtet sind, weil alle Zellen, auch diejenigen, welche an der Oberfläche liegen, in der Tiefe wurzeln. Später in den engeren Luftwegen wird es ein einfaches Flimmerepithel, ein einfaches Cylinderepithel mit Flimmern, und geht, wie Biesiadecki nachgewiesen hat, bis in die allerkleinsten Bronchien hinein, unmittelbar bis an die Grenze der Infundibula. In den Infundibulis aber und in den Lungenbläschen, den Alveolen, den Unterabtheilungen der Infundibula, findet sich kein Flimmerepithel mehr, sondern ein einfaches sehr flaches Pflasterepithel, ein Plattenepithel. Es kleidet die Alveolen vollständig aus, aber die Kerne der Zellen liegen immer in den Zwischenräumen, in den Maschen, der Capillaren, während die Platte der Zelle, der flachgedrückte Zellenleib, über das prominirende Capillargefäss herüberreicht und so die Decke über demselben vervollständigt.

Die Luftröhre besteht bekanntlich aus hufeisenförmigen Knorpeln, deren Perichondrium Bestandtheil einer starken fibrösen Haut ist, welche mit den Knorpeln zusammen die Trachea nach vorn und nach den Seiten begrenzt. Nach innen davon liegt die Schleimhaut der Trachea, welche einen vollständigen röhrenförmigen Schlauch bildet, und nach hinten, da wo sich keine Knorpeln befinden, von einem mit Bindegewebe durchwebten Muskellager überdeckt wird. Dieses Muskellager besteht zunächst aus quer verlaufenden contractilen Faserzellen, welche von dem einen Ende des Luftröhrenknorpels zum andern Ende desselben herübergespannt sind, und zweitens aus längs- und schiefverlaufenden Fasern, welche sich theils an einer sie überkleidenden fibrösen Hülle, welche an der Rückwand der Trachea gegen den Oesophagus hin gewendet liegt, anheften, theils aber auch an die Enden der Knorpel.

Die Schleimhaut der Trachea hat eine grosse Menge von Schleimdrüsen, deren Körper nicht ganz in der Schleimhaut liegen, die aber mit ihrem Ausführungsgange die Schleimhaut durchbohren. Die grossen Drüsen in der Rückseite durchbohren mit ihrem Körper das ganze Muskellager, so dass ein Theil desselben im Bindegewebe vor den Muskelfasern und ein Theil desselben in den Muskelfasern und selbst noch nach hinten von den queren Muskelfasern liegt. Diese Schleimdrüsen, welche auch in den grösseren Bronchien gefunden werden, sind wesentlich ebenso gebaut, wie die Schleimdrüsen, welche wir in der Mundhöhle und im Oesophagus kennen gelernt haben. Auch die Schleimdrüsen, welche im Kehlkopf so zahlreich vorkommen, haben denselben Bau.

Die Architektur der Trachea setzt sich im Allgemeinen und mit denselben Schichten in die Bronchien fort, nur dass die Knorpelringe in den engeren Bronchien vertreten sind durch kleinere Knorpelplatten, welche in der bindegewebigen, in der fibrösen Wand derselben liegen. Nach innen davon liegt ein ringförmiges Muskellager und dann die Schleimhaut mit ihrem Flimmerepithel. So geht der Bau fort bis zu den Bronchien von 1 Mm. Durchmesser und selbst noch darunter; dann

aber hören die Knorpelplättchen auf, man hat nur noch eine fibröse Hülle und unmittelbar derselben anliegend Muskelfasern und zartes Bindegewebe, welches mit dem darauf sitzenden Flimmerepithelium die Schleimhaut repräsentirt. Man liess sonst die Muskelfasern mit dem Bronchialsystem aufhören; Moleschott hat aber nachgewiesen, dass sich auch zwischen den Alveolen noch Muskelfasern befinden. Man kann sich leicht von der Richtigkeit dieser Angabe überzeugen, nur muss man sich nicht vorstellen, dass jede einzelne Alveole etwa ihren eigenen Mantel von Muskelfasern hätte, wie jeder einzelne Bronchus seine Ringfaserhaut von Muskelfasern hat. Diese Muskelfasern sind eingestreut in das Bindegewebe, welches die einzelnen Infundibula von einander trennt und sich zwischen die einzelnen Alveolen einsenkt.

Vermöge der grossen Menge von Muskelfasern, welche in dieser Weise in der Lunge enthalten sind, ist die Lunge nicht allein elastisch, sondern sie ist auch contractil, und die contractilen Elemente unterstützen die elastischen. Wenn Sie den Thorax einer Leiche öffnen, so finden Sie, dass die Lunge zwar zusammenfällt, dass sie aber noch lufthaltig bleibt und auf dem Wasser schwimmt. Wenn Sie aber einem lebenden Thiere eine Oeffnung in den Thorax machen, ihm einen Pneumothorax erzeugen, so zieht sich die Lunge zu einer compacten Masse zusammen, und wenn Sie hinterher das Thier tödten und ein Stück dieser Lunge ins Wasser werfen, so geht es darin unter. Das ist Folge der Contractilität der lebenden Lunge, Folge der Contraction der Muskelfasern. Dasselbe beobachtet man in pathologischen Fällen. Man beobachtet bei Pneumothorax und auch bei reichlichem Exsudat in der Pleurahöhle, dass sich die Lunge zu einer faustgrossen an der Lungenwurzel liegenden Masse zusammenzieht.

Die Gefässe der Lunge sind bekanntlich, wie die Gefässe der Leber zweierlei, erstens die Aeste und Capillaren der Lungengefässe und zweitens die Aeste und Capillaren der Bronchialgefässe. Nur ist hier der Unterschied, dass die Capillargefässsysteme vollständiger von einander getrennt sind, als dies bei der Leber der Fall ist, indem die Bronchialgefässe zur Ernährung der Lungen dienen, während andererseits die Lungengefässe dazu dienen, das Blut an die respirirende Oberfläche, an die Oberfläche der Alveolen zu bringen. Hier liegt das reiche und dichte Netzwerk von Capillaren unmittelbar unter der Oberfläche, so dass die einzelnen Capillargefässe gegen die Höhle der Alveolen hin wie ein Gitterwerk vorspringen. Sie sind aber noch überkleidet von einem feinen Stroma und von dem sehr dünnen Epithel, welches über sie hingeht. Die übrige Wand des Alveolus besteht aus Bindegewebe, welches zugleich als Stroma der Gefässe dient, und aus einem elastischen Fasernetze, welches man sichtbar machen kann, wenn man einen Schnitt von der Lunge unter dem Mikroskope mit verdünnter Natronlauge behandelt.

Der Gaswechsel.

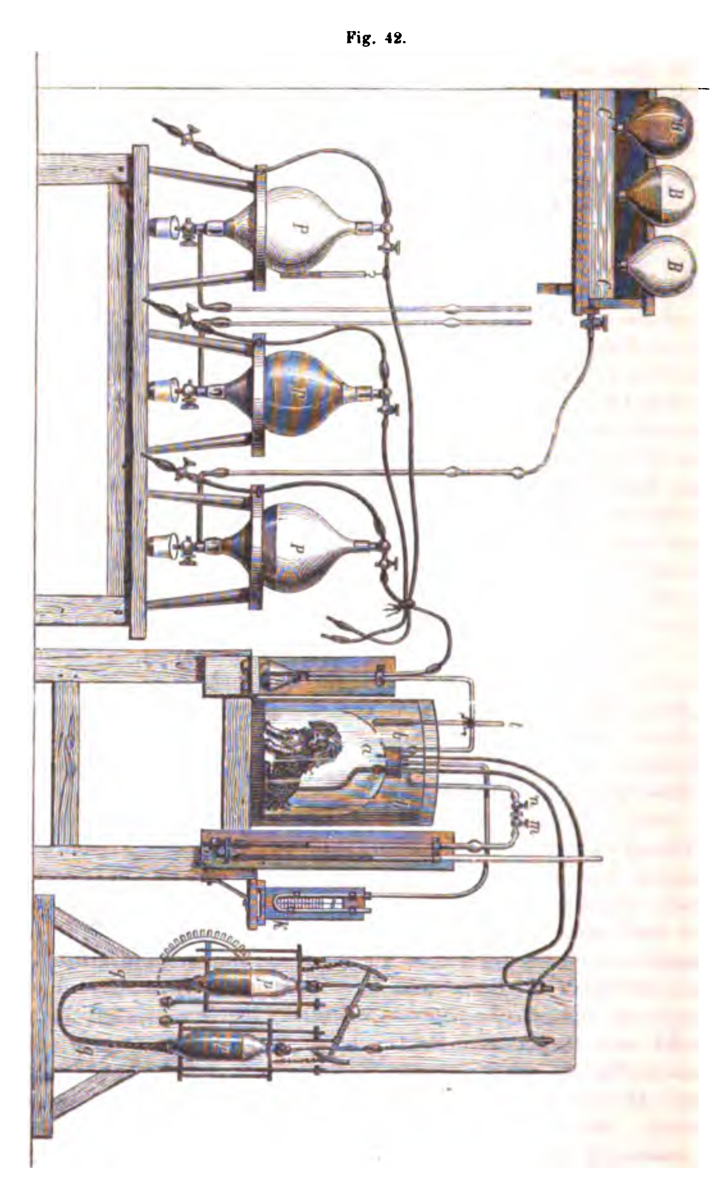
Bekanntlich besteht der Gasaustausch in den Lungen darin, dass Sauerstoff aus der atmosphärischen Luft aufgenommen wird, und dass dafür in den Lungen Kohlensäure vom Blute abdunstet. Ueber die Mengenverhältnisse, in denen dies geschieht, und darüber, ob zugleich

Stickstoff in den Lungen aufgenommen wird, oder Stickstoff durch die Lungen ausgeschieden wird, sind zahlreiche Versuche angestellt worden. Man bediente sich bei den älteren Versuchen sogenannter Athmungspfeifen oder Athmungsmasken. Es waren das Vorrichtungen, bei welchen Röhren mit zwei Ventilen an Mund und Nase angepresst wurden. Das eine Ventil ging auf, wenn man einathmete, da athmete man atmosphärische Luft ein, es schloss sich aber beim Ausathmen, und dann öffnete sich das andere Ventil: die ausgeblasene Luft wurde so in einen Recipienten entleert und hinterher untersucht. Trotz der Sorgfalt, mit welcher diese Versuche angestellt worden sind, kamen sehr grosse Fehler dabei vor, und man fand Dinge, welche man sich gar nicht zusammenreimen konnte. Man fand, dass eine so grosse Menge von Stickstoff ausgeschieden wurde, dass wenn man diese addirte zu dem Stickstoff, welcher mit den Faeces und mit dem Harne fortging, dann eine Summe herauskam, welche grösser war als die Menge des Stickstoffs, welche man mit der Nahrung einnahm; so dass die Hypothese aufgestellt wurde, die Menge des Stickstoffs, die hier fehlte, würde mit dem Speichel aus der atmosphärischen Luft verschluckt.

Die erste Arbeit, in welcher man mit vollkommeneren Vorrichtungen zu Werke ging, war die von Regnault und Reiset. Diese gingen vor Allem darauf aus, ein Thier längere Zeit in einer und derselben Luftmenge athmen zu lassen, in der Weise, dass sie die gebildete Kohlensäure aus diesem Luftquantum abführten und gleichzeitig den verbrauchten Sauerstoff durch Zufuhr an reinem Sauerstoff ersetzten. Der Apparat (Fig. 42) besteht aus folgenden Theilen: Erstens aus einer Glasglocke *(a)*, unter der das Thier sitzt. Es sitzt auf einem Brette, um gegen die Abkühlung durch den Metallboden geschützt zu sein. Die Glasglocke ist in einen Metallring eingekittet, und in diesen Ring passt luftdicht von unten her ein Boden, der mit Riegeln darin befestigt wird. Die Glasglocke steht in einem Cylinder *(b b)*, welcher in denselben Metallring eingekittet ist. Der Cylinder ist mit Wasser gefüllt, das die Glocke umspült, und durch welches man die Temperatur regulirt, in welcher das Thier lebt. Zu diesem Zwecke hängt darin das Thermometer *(t)*. Aus der Glasglocke gehen zwei Röhren heraus, wovon die eine bis nahe an den Boden des Gefässes heruntergeht, die andere in den oberen Theil des Gefässes mündet. Diese Röhren stehen in Verbindung mit Kautschukschläuchen und diese in Verbindung mit Pipetten *(p p)*, welche wieder unter einander durch ein Kautschukrohr *(q q)* verbunden sind. Die Pipetten und das sie verbindende Rohr enthalten Kalilauge, und sie werden durch ein Uhrwerk so bewegt, dass, wenn die eine Pipette aufsteigt, die andere heruntergeht und umgekehrt. Begreiflicher Weise entleert sich aus der aufsteigenden Pipette die Kalilauge, und es tritt Luft ein, während die Luft in der absteigenden Pipette durch die eindringende Kalilauge vertrieben wird. Die Luft, die hier eindringt und herausgeht, wird fortwährend geschöpft aus der Glasglocke, das eine Mal aus dem unteren Theile und das andere Mal aus dem oberen Theile. Wenn sie in der Pipette gewesen und durch das Kali von Kohlensäure befreit ist, wird sie durch die eindringende Kalilauge wieder herausgetrieben und wieder in die Glasglocke zurückgesendet. Die hier absorbirte Kohlensäure wird durch Sauerstoff ersetzt, der der Glasglocke zugeführt wird. Dieser

Sauerstoff befindet sich in grossen geaichten Pipetten *(P P P)*; er wird aus denselben ausgetrieben durch concentrirte Chlorcalciumlösung, und damit diese immer unter dem gleichen Drucke wirken könne, fliesst sie

Fig. 42.



zu aus einem Bassin mit Chlorcalciumlösung *(C C)*, in welchem ein näherungsweise constantes Niveau dadurch hergestellt ist, dass mehrere Ballons, welche mit Chlorcalciumlösung gefüllt sind, umgestürzt sind, so dass sie mit ihren unteren Enden in die Chlorcalciumlösung hineinragen.

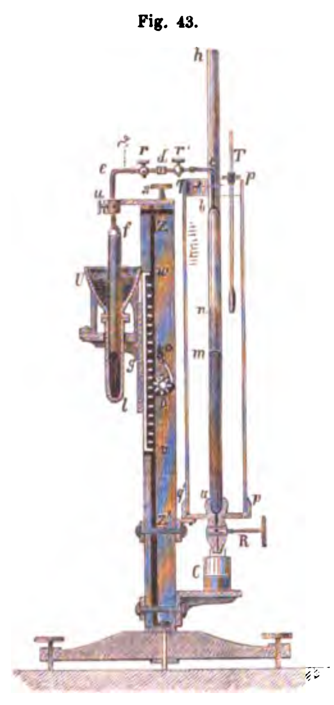
Die drei Ballons ragen nicht genau, aber nahezu gleich tief hinab. Wenn nun die Lösung abfliesst, so wird zuerst die Sperrung aufgehoben für denjenigen Ballon, welcher am wenigsten tief hinabragt. Aus diesem läuft dann, indem Luftblasen hineinsteigen, Chlorcalciumlösung nach. Das dauert so lange, bis der Ballon leer ist, dann sinkt das Niveau so weit, dass auch der zweite Ballon mit seiner Oeffnung frei wird und in Folge davon die Flüssigkeit aus ihm abfliesst; dann kommt ebenso der dritte an die Reihe. Unterdessen kann man den ersten und zweiten wieder füllen und umstürzen, so dass auf diese Weise nur geringe Aenderungen in dem Niveau der Flüssigkeit stattfinden. Das Sauerstoffgas geht durch eine Waschflasche *(h)*, und aus dieser tritt es durch die abgebildete Röhrenleitung in die Glasglocke *(a)*. Wenn eine Pipette voll Chlorcalciumlösung, also leer von Sauerstoffgas ist, wird sie durch eine neue ersetzt, und die Anzahl der verbrauchten Pipetten gibt die Menge des Sauerstoffs an, welche man zugeleitet hat. Eine Röhre aus einer besonderen Tubulatur im Stopfen der Glasglocke geht zu einem offenen Quecksilbermanometer *(k)*. An diesem erkennt man den Druck, unter dem das Thier athmet, und man kann ihn durch Regulirung des Sauerstoffzuflusses constant und dem atmosphärischen nahezu gleich erhalten.

Durch diesen Apparat war es möglich, ein Thier dem Versuche längere Zeit zu unterwerfen und hinterher das Resultat der Respiration zu ermitteln. Die Menge der Kohlensäure wurde bestimmt, indem man vorher eine Probe von der Kalilösung genommen und die procentische Menge der Kohlensäure untersucht hatte, welche darin enthalten war. Nach dem Versuche wurde wieder eine Probe von der Kalilösung genommen und wieder die Menge der Kohlensäure untersucht, welche darin enthalten war. Aus der so gefundenen Differenz und aus der Menge der angewendeten Kalilösung liess sich die ganze Menge der absorbirten Kohlensäure berechnen. Die Menge des zugeleiteten Sauerstoffs war, wie oben erwähnt, direct bestimmt worden. Es handelte sich also nur noch um die Analyse der Luft, welche am Ende des Versuches in der Glasglocke enthalten war, und ihre Abweichung von der Zusammensetzung der atmosphärischen. Hier musste es sich zeigen, ob noch der ganze Stickstoff darin enthalten war, ob mehr, ob weniger, ferner ob andere fremdartige Gase ausgeschieden worden waren. Regnault und Reiset fanden, dass die Luft am Ende des Versuches keine fremdartigen Gase enthielt, oder wenigstens nur in Spuren, welche für den messenden Versuch gar nicht in Betracht kamen. Es handelte sich also um die Analyse eines Gemenges von Kohlensäure, Sauerstoffgas und Stickgas.

Wenn man ein Gasgemenge zu analysiren hat, das aus Kohlensäure, Sauerstoff und Stickgas besteht, so pflegt man so zu Werke zu gehen, dass man eine ihrem Volumen nach eingetheilte Röhre in einem Gefässe mit Quecksilber umstürzt. In diese Röhre bringt man das Gas hinein, indem man die Röhre etwas hebt und es unter dem Quecksilber eintreten lässt. Man hebt oder senkt dann die Röhre so lange, bis das äussere und das innere Niveau gleich stehen und liest das Volumen ab. Man bringt dann von unten her an einem Draht eine Kugel aus Kali durch das Quecksilber in die Röhre, damit die Kohlensäure absorbirt werde, entfernt später die Kalikugel wieder, setzt wieder das äussere und innere Niveau ins Gleiche und liest wieder das Volumen des Gases

ab. Was davon verschwunden ist, war Kohlensäure. Hierauf lässt man in die Röhre eine Quantität Wasserstoffgas hinein, welche dem Volumen nach wenigstens doppelt so gross ist, als diejenige Menge von Sauerstoff, welche möglicher Weise darin enthalten sein kann, und bestimmt wieder durch Gleichmachen des äussern und innern Quecksilberniveaus das Volumen des Gasgemenges. Oben in der Röhre befinden sich zwei Platindrähte, welche das Glas durchbohren. Mittelst dieser lässt man durch das Gasgemenge einen electrischen Funken durchschlagen. Ein Maass Sauerstoff und zwei Maass Wasserstoffgas verbinden sich zu Wasser. Man macht wiederum das äussere und innere Quecksilberniveau gleich und misst wiederum das Volum. Ein Dritttheil des bei der Verpuffung verschwundenen Gasvolums bestand aus Sauerstoffgas. So hat man auch die Menge des Sauerstoffes gefunden. Der Rest, der in der Röhre zurückgeblieben, besteht aus Stickgas plus dem Wasserstoffgas, welches sich nicht mit Sauerstoff zu Wasser verbunden hat. Das Stickgas findet man, indem man von dem ursprünglichen Gasvolum das gefundene Volum der Kohlensäure und des Sauerstoffes abzieht. Dieses Verfahren ist namentlich durch Bunsen ausserordentlich vervollkommt, und durch eine Menge sinnreicher Vorsichtsmassregeln zu einem hohen Grade von Genauigkeit gebracht worden, so dass man sich jetzt gewöhnlich bei Gasanalysen des Bunsen'schen Verfahrens und der Bunsen'schen Einrichtungen bedient.

Fig. 43.



Regnault hat bei seinen Untersuchungen einen andern Weg eingeschlagen. Es kam ihm wesentlich darauf an, eine grössere Menge von Gasanalysen in einer verhältnissmässig kurzen Zeit beendigen zu können. Nach dem Mariotte-schen Gesetze verhalten sich die Volumina der Gase umgekehrt proportional dem Drucke. Während wir also bei dem gewöhnlichen Verfahren die Volumina der Gase messen unter einem und demselben Drucke, kann man umgekehrt die Drucke messen, welche nothwendig sind, um dem Gase immer wieder dasselbe Volumen zu geben, und das ist der Weg, den Regnault betreten hat. Sein Apparat (Fig. 43) besteht aus zwei Theilen, wovon der eine zum Messen dient, der andere theils zur Absorption der Kohlensäure, theils zum Zuführen des Wasserstoffgases, welches er später zum Verpuffen braucht. Es handelte sich darum das Gas zu analysiren, welches am Ende des Versuches in der Glasglocke (*a* Fig. 42) enthalten war. Zu dem Ende wird der Messapparat (*m m*, Fig. 42, *h r' m R* Fig. 43) von dem übrigen Gestelle getrennt; er wird mittelst einer bei (*m* Fig. 42) befindlichen Tubulatur mit dem Respirationsapparate in Zusammenhang gebracht. An ihr befindet sich ein Conus, der in einen Hohlkegel der

Tubulatur *(n)* eingeschliffen ist und durch eine Verschraubung hineingepresst wird, so dass beide Stücke luftdicht mit einander verbunden sind.

Der Messapparat (Fig. 42 *m m,*) besteht aus einem U-förmig umgebogenen Rohre, das an seiner tiefsten Stelle einen Hahn (*m,*) hat, durch den man den Inhalt ganz oder theilweise entleeren kann. Ehe er mit dem Respirationsapparate verbunden wird, füllt man ihn vollständig mit Quecksilber, so dass sich auch bei *m* keine Luft befindet.

Nachdem er luftdicht mit der Tubulatur *(n)* verschraubt ist, lässt man, indem man den Hahn *m,* öffnet, einen Theil des Quecksilbers auslaufen. Dadurch wird ein Theil der Luft aus der Glocke *(a)* in den Messapparat hinübergeleitet, indem der Druck in der Röhre vermindert wird und unter den Druck sinkt, welcher in der Glocke herrscht. Wenn man eine zur Analyse genügende Menge hinübergeleitet hat, schliesst man den Hahn *m,* und die Hähne *n* und *m,* trennt den Messapparat vom Respirationsapparate und bringt ihn dann wieder mit den übrigen Theilen des zur Gasanalyse dienenden Apparates in Verbindung.

Wir sehen diesen Apparat in Fig. 43 nach einer in Regnault's Cours élémentaire de Chimie gegebenen Abbildung. Er ist im Durchschnitte dargestellt und die beiden Schenkel des Messapparates stehen so, dass sie sich einander decken. Der Hahn *r'* ist der Hahn *m* in Fig. 42 und der Hahn *R* ist der Hahn *m,* in Fig. 42. Das Gestell *(Z Z')*, auf dem das Ganze befestigt ist, ist von Eisen, und *U l* ist eine gusseiserne Quecksilberwanne, die mittelst eines mit einer Sperrvorrichtung *(k)* versehenen Triebes *(o)* und der Zahnstange *(w v)* auf und abbewegt werden kann. In das Quecksilber taucht eine cylinderförmige Glasglocke *(f g)*, von welcher das Rohr *(f e d)* ausgeht, durch welches sie mittelst der Verschraubung *(d)* ganz ebenso mit dem Messapparate verbunden wird, wie dieser früher mit dem Respirationsapparate (Fig. 42) verbunden war. Glocke und Röhre sind vollständig mit Quecksilber gefüllt.

Es handelt sich nun zunächst darum, die gewonnene Gasprobe bei einem bestimmten Drucke und bei einer bestimmten Temperatur zu messen. Die Temperatur ergibt sich aus dem Stande des Thermometers *T*, welches in das die Gasprobe umgebende Wasser in den Cylinder *(p p q q')*, eingesenkt ist.

Der nächstliegende Gedanke ist, das Gas vor der Messung zu trocknen. Da man aber die Menge des darin enthaltenen Wassers in unserem Falle nicht bestimmen will, so kann man diese peinliche Arbeit umgehen, wenn man es absolut feucht misst und die Spannung des Wasserdampfes für die gegebene Temperatur in Rechnung bringt. Regnault zog es deshalb vor, das Gas ein für alle Mal mit Wasserdampf zu sättigen und das erreichte er, indem er die Röhre, noch ehe sie mit Quecksilber gefüllt wurde, inwendig bethaute. Es blieb an ihrer Wand so viel Feuchtigkeit hängen, dass das hineingeführte Gas, welches ohnehin einen hohen Grad von Feuchtigkeit hatte, mit Wasserdampf gesättigt wurde. Wir wollen die Spannung des Wasserdampfes, die der Versuchstemperatur *(t)* entspricht, mit *f* bezeichnen; dann handelt es sich noch darum, für irgend ein Volum der Gasprobe den dazu gehörigen Druck zu bestimmen. Beide Werthe sind reciprok, je höher ich den Druck steigere, um so kleiner wird das Volumen und umgekehrt; wenn ein Bruchtheil des Gases verschwindet, so verschwindet bei gleichem Volumen ebenso viel

in Procenten vom Druck, als bei gleichem Drucke in Procenten vom Volumen verschwunden wäre.

Es wird, nachdem die Hähne r und r' geöffnet sind, nun durch Herablassen des Quecksilberreservoirs das Gas so weit herübergezogen, bis es an eine kleine Marke kommt, welche in der Figur mit ϑ, bezeichnet ist. Dann wird bei h so viel Quecksilber nachgefüllt, dass es im Schenkel $a\ c$ bis zu der willkürlich bestimmten Höhe m steigt. Wenn dieses erreicht ist, wird die Niveaudifferenz (Fig. 43 $m\ n$) der beiden Quecksilbersäulen mittelst eines Fernrohres gemessen und die Barometerhöhe hinzuaddirt. Wir haben die Spannung des Gases, das heisst denjenigen Druck, der beim actuellen Volum der Spannung des Gases das Gleichgewicht hält, gleich der Differenz der Quecksilberhöhen (H) mehr der Barometerhöhe (h) weniger der Tension (f) des Wasserdampfes bei der Temperatur, welche das Thermometer in der umgebenden Flüssigkeit anzeigt, also $H + h - f$.

Die Messung ist vollendet. Man lässt jetzt Quecksilber aus dem Hahn R in die Flasche C auslaufen, um alles Gas, so wie eine Quecksilbersäule in das Rohr $r'\ c\ b$ übertreten zu lassen. Darauf schliesst man den Hahn r' und den Hahn r. Man löst dann die Verbindung bei d, hebt, indem man auch die Klemme u löst, die Glocke $g\ f\ e\ d$ und lässt mittelst einer gekrümmten Pipette eine kleine Menge concentrirter Kalilösung in sie eintreten. Man stellt die Verbindung bei d wieder her, man senkt die Quecksilberwanne mittelst der Kurbel, man giesst mehr Quecksilber in die Röhre h und man öffnet die Hähne r und r'. Das Gas fliesst dann in die Glocke $f\ g$ hinüber, und die Kalilösung benetzt ihre Wände und bietet so eine grosse Oberfläche für die Absorption der Kohlensäure dar.

Wenn alles Gas herüber ist, und das nachfolgende Quecksilber in dem Rohre $e\ f$ nach abwärts steigt, schliesst man den Hahn r. Man wartet einige Minuten, um der Absorption Zeit zu gönnen, darauf lässt man das Gas den Rückweg in den Messapparat antreten, indem man die Quecksilberwanne $U\ l$ mittelst der Kurbel o hebt und durch Oeffnen des Hahnes R Quecksilber in die Flasche C abfliessen lässt. Hierauf schliesst man den Hahn R, füllt bei h Quecksilber nach und senkt die Wanne Ul wieder. Die Wand der Glocke $f\ g$ bedeckt sich mit einer neuen Schicht von Kalilösung, mit welcher das Gas wieder in Berührung kommt. Nach einigen Minuten leitet man es wie früher zurück. Diese Procedur wiederholt man der grösseren Sicherheit halber noch ein- oder zweimal. Indessen ist das Gas in der Regel schon nach der zweiten Absorption kohlensäurefrei.

Man leitet also schliesslich das Gas in den Messapparat zurück und schliesst den Hahn r in dem Momente, wo das nachfolgende Quecksilber bei der Marke ϑ, ankommt. Man bringt das Quecksilberniveau in der Röhre $a\ b\ c$ auf m, misst dann die Differenz des Quecksilberniveaus in den beiden Schenkeln, sie sei h', und liest den atmosphärischen Druck am Barometer ab, er sei jetzt H'. Wir setzen voraus, dass die Temperatur des Wassers im Cylinder $q\ q'\ p\ p'$ bei der zweiten Messung dieselbe war, wie bei der ersten — eine Differenz hätte sich leicht ausgleichen lassen — dann haben wir die Spannung des Gases nach Entfernung der Kohlensäure $= H' + h' - f$. Die Verminderung derselben ist also

$$(H + h - f) - (H' + h' - f) = H - H' + h - h'.$$

Der Bruchtheil der ganzen Gasprobe, welcher aus Kohlensäure bestand, wird also ausgedrückt durch

$$\frac{H - H' + h - h'}{H + h - f}$$

Es soll jetzt die Menge des Sauerstoffgases bestimmt werden. Zu dem Ende entfernt man das Stück $g\,f\,e\,r\,d$, reinigt und trocknet es und bringt es vollständig mit Quecksilber gefüllt wieder an seinen Ort. Man hebt $U\,l$ und lässt bei R Quecksilber auslaufen. Indem man nun vorsichtig die Hähne r und r' öffnet, lässt man das Quecksilber aus $e\,r\,d$ vorsichtig bis an die Marke ϑ zwischen c und b vordringen und schliesst dann die Hähne wieder. Man führt das Quecksilberniveau in $a\,b$ auf m zurück und misst wieder. Die gefundene Spannung sei $H'' + h'' - f$. Diese neue Messung ist nöthig geworden, weil man beim Unterbrechen der Verbindung d eine kleine Menge von Gas verloren hat. Man führt nun in $g\,f$ eine Quantität von Wasserstoffgas ein, die dem Volum nach wenigstens doppelt so gross ist als die Menge von Sauerstoffgas, welche in der Gasprobe enthalten sein kann. Man öffnet die Hähne r und r', führt das Wasserstoffgas in den Messapparat und hält das nachrückende Quecksilber durch Schliessen des Hahnes r' bei der Marke ϑ fest. Man bringt das Quecksilber in der Röhre $a\,c$ wieder auf das Niveau m und liest die Differenz der Quecksilbersäulen ab. Sie sei h''', die gleichzeitig abgelesene Barometerhöhe sei H'''. Die Spannung des als trocken betrachteten Gemenges ist dann $H''' + h''' - f$. Um das Gas besser zu mischen, führt man es im Apparate hin und her, lässt etwas von dem Quecksilber hindurchtröpfeln und hält dasselbe in solcher Stellung fest, dass es das enge Rohr $r'\,c\,b$ vollständig anfüllt.

Jetzt lässt man mittelst zweier bei b eingeschmolzener Platindrähte einen electrischen Funken durchschlagen. Wasserstoff und Sauerstoff verbinden sich im Verhältnisse von 2 zu 1 Volum zu Wasser.

Die Grenzen des Gases werden wieder auf ϑ und m zurückgeführt und die Spannung $H'''' + h'''' - f$ gemessen. Man findet dann die Proportion des Sauerstoffgases in dem von Kohlensäure befreiten Gase gleich

$$\frac{1}{3} \cdot \frac{H''' - H'''' + h''' - h''''}{H'' + h'' - f}$$

und berechnet daraus den Gehalt des ursprünglichen Gases an Sauerstoff.

Wir gehen jetzt zu den Resultaten über, zu welchen Regnault und Reiset bei ihren Versuchen gelangt sind. Sie fanden, dass, wenn ihre Versuchsthiere ihrem gewöhnlichen Regime unterlagen, dieselben stets Stickstoff entwickelten, aber nicht so viel, wie frühere Beobachter angegeben hatten. Die Menge dieses Gases erhob sich nie über 2% des in derselben Zeit absorbirten Sauerstoffgases und betrug sogar meist weniger als 1%.

Sie fanden weiter, dass Thiere, welche gefastet hatten, oft etwas Stickstoff absorbirten. Die Menge desselben schwankte zwischen denselben Verhältnissen, wie die Menge des von den Thieren bei gewöhnlichen Nahrungsverhältnissen ausgeathmeten Stickstoffes. Diese Stickstoffabsorption wurde fast constant bei den Vögeln, seltener dagegen bei den Säugethieren beobachtet.

Wenn ein Thier, nachdem es mehrere Tage gefastet hatte, eine Nahrung erhielt, welche von seiner gewöhnlichen sehr bedeutend differirte, so absorbirte es häufig noch während einiger Tage Stickstoff, wahrscheinlich noch so lange, bis es sich an das neue Regime gewöhnt hatte; nachher kehrte es zu seiner gewöhnlichen Stickstoffentwicklung zurück. Diese Thatsache wurde nur an Hühnern constatirt, welche nach mehrtägigem Fasten anstatt der Körnerkost Fleisch erhielten.

Wurde ein Thier in Folge der geänderten Nahrung oder aus anderen Ursachen krank, so absorbirte dasselbe Stickgas. Dies wurde an einer Ente constant beobachtet.

Das Verhältniss zwischen der Sauerstoffmenge, welche in der Kohlensäure enthalten ist, und der ganzen verbrauchten Sauerstoffmenge schien mehr von der Nahrung als von der Classe, zu der die Thiere gehörten, abzuhängen. Dieses Verhältniss war grösser, wenn das Thier von Cerealien lebte, und überstieg dann oft die Einheit. Wenn sich die Thiere ausschliesslich von Fleisch nährten, war dieses Verhältniss geringer und schwankte zwischen 0,62 und 0,80. Bei Kräuterfutter standen die Verhältnisse in der Regel zwischen beiden.

Es ist vollkommen einsichtlich und versteht sich im Grunde von selbst, dass die Respirationsproducte mehr abhängen von der Nahrung als von der Art des Thieres. Denn das Thier macht ja eine Art von Analyse der organischen Verbindungen, welche es zu sich nimmt; es müssen also auch die Producte dieser Analyse den analysirten Substanzen entsprechen. Wenn wir uns denken, dass ein Thier ausschliesslich auf Kosten von Kohlehydraten respirirt, so wird das Sauerstoffgas nur verwendet zur Oxydation von Kohlenstoff; es muss also der ganze Sauerstoff in der Kohlensäure wieder zum Vorschein kommen. Das Volum der ausgeathmeten Kohlensäure ist dann gleich dem Volum des absorbirten Sauerstoffs, denn das Volum der Kohlensäure ist bekanntlich gleich dem Volum, welches ihr Sauerstoff im freien Zustande einnehmen würde, weil bei der Verbindung von Kohlenstoff und Sauerstoff zu Kohlensäure eine solche Condensation eintritt, dass das Volum des Kohlenstoffs in der neuen Verbindung verschwindet, und nur das Gewicht des Sauerstoffes um das des Kohlenstoffes vermehrt wird.

Auffallend ist es nur, dass nach den Versuchen von Regnault und Reiset oft mehr Sauerstoff in der Kohlensäure ausgeathmet wurde, als in derselben Zeit absorbirt worden war. Das hat seine Erklärung gefunden durch spätere Versuche von Pettenkofer und Voit. Sie fanden, dass im Darmkanale von Thieren, welche mit Körnern gefüttert wurden, eine Zersetzung stattfindet, bei der, neben Kohlensäure, Wasserstoffgas und Grubengas gebildet wird, bei der also aus den Verbindungen selbst ein Theil des Sauerstoffs disponibel wird, welcher früher als mit Wasserstoff verbunden gedacht werden konnte, und dieser Sauerstoff ist es, welcher neben dem der Atmosphäre entnommenen Sauerstoff in der Kohlensäure der Exspirationsluft erscheint.

Dass bei anderweitiger Nahrung ein Theil des absorbirten Sauerstoffes nicht wieder in der Exspirationsluft erscheint, erklärt sich daraus, dass diejenigen Nährsubstanzen, welche nicht Kohlehydrate sind, Sauerstoff nicht allein zur Oxydation des Kohlenstoffes, sondern auch zur Oxydation des Wasserstoffes und in geringerer Menge auch zur Oxydation

des Schwefels in den Eiweisskörpern brauchen. Daraus also erklärt es sich, dass bei Fleischkost die Menge des in der Kohlensäure ausgeathmeten Sauerstoffs nur 0,62 bis 0,80 der absorbirten Sauerstoffmenge beträgt.

Sind die Thiere nüchtern, so ist das Verhältniss zwischen dem Sauerstoff der Kohlensäure und dem überhaupt aufgenommenen Sauerstoff fast dasselbe, welches bei denselben Thieren bei Fleischkost beobachtet worden ist; im Allgemeinen ist dasselbe übrigens etwas geringer. Ein fastendes Thier liefert der Respiration nur seine eigene Substanz, welche dieselbe Zusammensetzung besitzt wie das Fleisch. Sämmtliche warmblütige Thiere zeigen deshalb beim Fasten die Respiration der Fleischfresser.

Das Verhältniss zwischen dem Sauerstoff in der Kohlensäure und dem ganzen aufgenommenen Sauerstoff schwankte bei demselben Thiere zwischen 0,62 und 1,04 je nach der Nahrung desselben. Die von demselben Thiere verzehrten Sauerstoffmengen wechselten sehr oft, je nach den verschiedenen Perioden der Digestion, der Bewegung und vieler anderer Zustände.

Bei Thieren derselben Species und gleichen Gewichtsverhältnissen ist die Sauerstoffconsumption junger Thiere grösser als die erwachsener, magerer, wenn sie sonst gesund sind, grösser als die fetter Thiere. Dass bei jüngeren Individuen die Sauerstoffconsumption grösser ist, erklärt sich daraus, dass sie einen geschwinderen Stoffwechsel haben. Auch bei kleineren Thieren ist die Menge des absorbirten Sauerstoffes, auf das Körpergewicht berechnet, grösser als bei grösseren Thieren, weil sie mehr Wärme von ihrer Oberfläche verlieren und deshalb durch intensiveren Stoffwechsel auch mehr Wärme produciren müssen. Die Sauerstoffconsumption für gleiche Zeiträume bei gleichem Gewichte von Thieren derselben Classe ist deshalb sehr abweichend nach der absoluten Grösse derselben. So ist dieselbe zehnmal grösser bei kleinen Vögeln, Sperlingen und Finken, als bei Hühnern.

Die warmblütigen Thiere entwickeln bei ihrer Respiration nur unendlich kleine Mengen von Ammoniak und schwefelhaltigen Gasen.

Einer besonderen Untersuchung wurde noch die Respiration der Winterschläfer unterworfen. Die Respiration der vollkommen wachen und sich gut nährenden Murmelthiere bietet nichts Eigenthümliches dar, sie gleicht der anderer Säugethiere bei ähnlicher Kost. Bei Murmelthieren im Winterschlafe findet dagegen häufig eine Stickstoffabsorption statt, und das Verhältniss der in der Kohlensäure ausgeschiedenen zu der geringen consumirten Sauerstoffmenge ist viel kleiner und beträgt manchmal nur 0,4. Das erklärt sich daraus, dass die Murmelthiere hauptsächlich auf Kosten von Fett respiriren, also auf Kosten von sauerstoffarmen Körpern, welche nicht allein zur Oxydation ihres Kohlenstoffes, sondern auch zur Oxydation ihres Wasserstoffes eine grosse Menge von Sauerstoff bedürfen. Hiedurch ist das Gewicht des zur Bildung nicht gasförmiger Stoffe verwendeten Sauerstoffes grösser als das Gewicht der entbundenen Kohlensäure, und da auch das Thier durch Abdunstung wenig Wasser verliert, so nimmt das Murmelthier durch seine Respiration an Gewicht zu. Aber diese Zunahme findet nicht fortwährend statt, weil das Thier von Zeit zu Zeit Harn entleert.

Die Sauerstoffconsumption beträgt bei erstarrten Murmelthieren häufig nur $\frac{1}{30}$ der von wachenden Murmelthieren verzehrten Menge; vielleicht sinkt dieses Verhältniss noch mehr bei niedrigerer Temperatur. Sie haben also einen ähnlich langsamen Stoffwechsel wie kaltblütige Thiere, denn wir haben früher geschlossen, dass der Stoffwechsel der kaltblütigen Thiere im Mittel etwa 23mal langsamer ist, als der warmblütiger Thiere, und man hat Ursache zu glauben, dass diese Zahl noch vergrössert werden muss, wenn man der relativen Grösse der Thiere hinreichend Rechnung trägt.

So wie die Winterschläfer aus ihrer Lethargie erwachen, wird ihre Respiration äusserst thätig, und während dieser Periode absorbiren sie mehr Sauerstoff als wenn sie vollkommen wach sind, ihre Temperatur steigt rasch und ihre Glieder kommen aus der Erstarrung.

Die erstarrten Murmelthiere können lange Zeit ohne nachtheilige Folgen in einer sauerstoffarmen Atmosphäre liegen, in welcher ein waches Murmelthier in einigen Augenblicken ersticken würde. Es stimmt dies mit der allgemeinen Erfahrung überein, dass ein Thier um so länger in einer sauerstoffarmen Luft leben kann, ohne zu ersticken, je langsamer sein Stoffwechsel ist, je geringer also sein Sauerstoffbedürfniss ist. Am frühesten ersticken die Vögel mit ihrem schnellen Stoffwechsel, dann die Säugethiere, dann erst und viel später die Amphibien, und diesen ähneln die winterschlafenden Murmelthiere in Rücksicht auf die Langsamkeit ihres Stoffwechsels.

Abgesehen davon, dass die Amphibien im Verhältnisse zu ihrem Gewichte viel weniger Sauerstoff verzehren als die warmblütigen Thiere, weichen sie von diesen hinsichtlich der Natur und der Verhältnisse der absorbirten und producirten Gase nur wenig ab; bald findet sich eine gewisse Absorption, bald Entwickelung von Stickstoff.

Frösche, denen die Lungen exstirpirt sind, fahren fast mit derselben Stärke zu respiriren fort; während ihres oft noch mehrere Tage dauernden Lebens weichen die Verhältnisse der absorbirten und entwickelten Gase wenig von denen gesunder Frösche ab. Sie haben also offenbar eine sehr thätige Hautrespiration. Beim Menschen beträgt der Gaswechsel an der Hautoberfläche nur einen sehr geringen Bruchtheil des Gesammtgaswechsels, und er kommt gegenüber dem in den Lungen kaum in Betracht. Anders ist es bei den Fröschen, bei welchen die Hautoberfläche feucht ist, bei denen die Diffusion deshalb viel leichter von statten geht. Ausserdem ist bei den Fröschen die Arteria cutanea magna, die Arterie, welche den ganzen Rumpf versorgt, ein Ast der Arteria pulmonalis und führt also wie diese venöses Blut.

Die Respiration der Regenwürmer ist hinsichtlich der consumirten Sauerstoffmenge und auch in Betreff des Verhältnisses vom Sauerstoff in der Kohlensäure und dem ganzen verbrauchten Sauerstoff der der Frösche ganz ähnlich.

Die Respiration der Insekten, Maikäfer und Seidenraupen ist viel energischer als die der Reptilien: sie consumiren bei gleichem Gewichte fast ebenso viel Sauerstoff wie die Säugethiere. Es steht dieser Verbrauch in Beziehung zu der grossen Menge Nahrung, welche sie verzehren, und wenn ihre Temperatur die ihrer Umgebung nicht übersteigt, so kommt

dies daher, dass sie weniger Masse haben und deshalb ihre Wärme weniger zusammenhalten können als grössere Thiere.

Die Respiration der Thiere überhaupt zeigt in einer Atmosphäre, welche zwei- bis dreimal mehr Sauerstoff enthält als die gewöhnliche, keine Verschiedenheit von der Respiration in gewöhnlicher Luft. Die Sauerstoffconsumption ist dieselbe, auch zeigt sich keine merkliche Verschiedenheit in Rücksicht auf das Verhältniss zwischen dem Sauerstoffgehalt der Kohlensäure und dem ganzen Sauerstoffverbrauch. Die Menge des ausgeathmeten Stickstoffes ist dieselbe; endlich merkt man den Thieren gar nichts an. Dieses Resultat steht im Widerspruche mit verschiedenen älteren Versuchen, bei denen man in Folge von Sauerstoffeinathmung beobachtet hatte oder beobachtet haben wollte, dass die Thiere an Pneumonie erkranken, dass in den Venen hellrothes Blut floss u. s. w. Es scheint aber wohl, dass Regnault's und Reiset's Versuche mit grösserer Vorsicht angestellt worden sind, und dass namentlich auf die Bereitung und Reinigung des Sauerstoffes sehr viel mehr Sorgfalt verwendet worden ist als früher.

Die Respiration der Thiere, welche in einer Atmosphäre athmen, in welcher der Stickstoff grösstentheils durch Wasserstoff ersetzt ist, ist ebenfalls nur wenig von der in gewöhnlicher Luft verschieden; man bemerkt blos eine grössere Sauerstoffconsumption. Regnault und Reiset schreiben das einer grösseren Thätigkeit zu, welche die Respiration zur Ausgleichung der durch Wasserstoff bewirkten grösseren Abkühlung annehmen muss.

Regnault und Reiset wünschten sehr, ihre Versuche auch auf den Menschen auszudehnen, aber sie scheiterten am Kostenpunkte. Es waren damals selbst in Paris nicht die Mittel aufzutreiben, um einen geeigneten Respirationsapparat auszuführen. Später aber hat der verstorbene König Max von Baiern die Mittel geboten, vermöge welcher Pettenkofer und Voit einen Respirationsapparat für Versuche am gesunden und kranken Menschen zusammenstellen konnten. Dieser beruht auf einem andern Princip als der Apparat von Regnault und Reiset. Es ist Ihnen bekannt, dass bei einem gut ziehenden Ofen von den Verbrennungsgasen, welche sich bilden, nichts in das Zimmer hineingelangt. Das beweist, dass nur Luft aus dem Zimmer in den Ofen hineinkommt, und keine Luft aus demselben in das Zimmer gelangt, selbst nicht, wenn die Thür des Ofens offen ist. Man kann also die Diffusion der Gase selbst in verhältnissmässig weiten Oeffnungen vollständig unwirksam machen, wenn man mit hinreichender Geschwindigkeit einen Luftstrom durch die Oeffnung hineinzieht. Die Geschwindigkeit des Luftstromes übertrifft in unserem Beispiele so sehr die des Diffusionsstroms, dass ersterer alles Gas, welches in das Zimmer diffundiren sollte, wiederum in den Ofen hineinreisst.

Auf dieser Erfahrung beruht der Apparat von Pettenkofer und Voit. Er besteht im Wesentlichen aus einem Cabinet von Eisenblech, in welches man durch eine Thüre hineintritt, welche keineswegs hermetisch schliesst, und das ausserdem noch Ventilationsöffnungen hat, welche man nach Bedürfniss vergrössern oder verkleinern kann. Aus diesem Zimmer kann mittelst einer Dampfmaschine die Luft fortwährend ausgepumpt werden. Es muss also durch die Spalten der Thüre und

durch die Ventilationsöffnungen die Luft einströmen und, wenn mit hinreichender Geschwindigkeit ausgepumpt wird, so schnell, dass von der Luft im Kabinet nichts nach aussen diffundirt werden kann. Der zum Versuche bestimmte Mensch wird in dieses eiserne Kabinet hineingesetzt, die Dampfmaschine zieht fortwährend frische Luft durch dasselbe. Aus dieser athmet der Versuchsmensch, und an diese gibt er seine Respirations- und Perspirationsproducte, das gasförmige Secret der Lunge und der Haut, ab. Diese Luft ist es also, welche analysirt werden und mit der umgebenden atmosphärischen Luft verglichen werden muss. Nun ist es aber begreiflich, dass es unmöglich ist, die ungeheuren Luftmengen, welche während eines längeren Versuches durch den Apparat durchgezogen werden, im Grossen und Ganzen zu analysiren. Es wird deshalb diese Luft mittelst einer nassen Gasuhr, von deren Genauigkeit sich Pettenkofer und Voit sorgfältig überzeugten, gemessen, und es werden von Zeit zu Zeit Proben derselben genommen, und diese werden analysirt.

Die Schattenseite dieses Verfahrens liegt offenbar darin, dass die Analyse vorgenommen wird an Luftquantitäten, die verhältnissmässig klein sind zu der Menge der gesammten Luft, welche durchgezogen wird, dass also das Resultat nachher mit einem grossen Factor multiplicirt werden muss, dass mithin auch die Fehler mit diesem grossen Factor multiplicirt werden. Nichts desto weniger haben Pettenkofer und Voit sich überzeugt, dass sie hinreichend genaue Resultate mit ihrem Apparate erhielten. Sie stellten in dem eisernen Cabinet eine Stearinkerze auf und liessen dieselbe darin herunterbrennen. Dabei liessen sie den Apparat arbeiten und nahmen Stichproben von der ausgepumpten Luft, berechneten schliesslich die Menge der Kohlensäure und des Wassers, welche die Stearinkerze durch ihre Verbrennung gegeben hatte, und es zeigte sich in der That, dass die gefundenen Werthe den aus dem verbrannten Stearingewichte berechneten entsprachen.

Pettenkofer und Voit leugnen die Stickstoffausscheidung, welche Regnault und Reiset, wenn auch in geringerem Masse als ihre Vorgänger, gefunden hatten, oder führen dieselbe doch auf einen so kleinen Werth zurück, dass sie für die Statik des Körpers im Ganzen und Grossen gar nicht in Betracht kommt. Sie sehen leicht ein, dass sie mit Hilfe ihres Respirationsapparates diese Frage nicht entscheiden konnten. Sie haben sie deshalb auf einem anderen Wege angegriffen. Sie haben zunächst bei Hunden die Menge der Nahrung und auch den Stickstoffgehalt der Nahrung bestimmt und andererseits den Stickstoff der Ausscheidungen durch den Darm und durch die Nieren, und sie haben gefunden, dass mit den Faeces und mit dem Harne so viel Stickstoff fortgeht, wie in der Nahrung aufgenommen wird, und dass mithin keiner übrig bleibt, der durch die Lungen ausgeschieden werden könnte. Es ist klar, dass sie nicht das Fleisch analysiren konnten, mit dem der Hund gefüttert wurde. Sie waren deshalb genöthigt, an einer Reihe von Fleischproben, welche sie, so weit es eben mit dem Messer ging, vom Fette befreit hatten, den Stickstoffgehalt zu bestimmen. Sie haben das Mittel aus diesen Analysen gezogen, darnach den Stickstoffgehalt des Fleisches ein- für allemal gleich 3,4 Procent des frischen Fleisches gesetzt und nun aus der gewogenen Fleischmenge, welche verfüttert wurde, die Menge des Stickstoffes berechnet.

welche das Thier mit der Nahrung zu sich genommen hatte. Es lässt sich nicht leugnen, dass dieses Verfahren bis zu einem gewissen Grade Irrthümer zulässt, weil man ja das Fleisch nicht immer gleichmässig mit dem Messer entfetten kann, weil ferner das Fleisch verschiedene Stickstoffmengen enthält, je nachdem es vorzugsweise aus contractiler Substanz besteht, oder je nachdem es mehr Sehnen oder mehr elastisches Gewebe enthält. Es hat deshalb Voit noch eine andere Versuchsreihe angestellt, in der er einer Taube Erbsen verfütterte, deren Stickstoffgehalt er vorher bestimmt hatte, und nun aus der Menge der Erbsen den eingeführten Stickstoff berechnete und aus den Faeces und dem Harne den ausgeführten Stickstoff bestimmte. Es führte ihn auch diese Versuchsreihe zu demselben Resultate. Es handelt sich nicht darum, dass absolut kein Stickstoff ausgeschieden wird: eine solche Behauptung würde schon deshalb unhaltbar sein, weil man bestimmt weiss, dass durch die Lungen immer kleine Mengen von Ammoniak ausgeschieden werden; aber Pettenkofer und Voit insistiren darauf, dass keine für die Statik des Körpers im Allgemeinen in Betracht kommende Menge von Stickstoff durch die Lunge ausgeschieden wird.

Pettenkofer und Voit gewannen, indem sie die Nahrung und zugleich die Excrete analysirten, im Vereine mit ihren Respirationsversuchen eine ausgedehnte Uebersicht über die Statik der Ernährung und die Statik des Stoffverbrauches, welche sie zu mannigfachen lehrreichen Resultaten geführt hat. Wir können auf die einzelnen numerischen Daten, welche sie gefunden haben, hier nicht näher eingehen, wir wollen nur bemerken, dass ihre Versuche namentlich in zwei Richtungen von Wichtigkeit geworden sind. Erstens in Rücksicht auf die Frage, auf Kosten welcher Substanzen mechanische Arbeit erzeugt wird, und zweitens in Rücksicht auf die Verwendung der Eiweisskörper und die Entstehung des Fettes im Organismus.

Was den ersteren Punkt anlangt, so haben sie gezeigt, dass durch die mechanische Arbeit keine redenswerthe Schwankung in den stickstoffhaltigen Ausscheidungen, zunächst im Harnstoff, erzeugt wird, dass also der Körper nicht direct auf Kosten stickstoffhaltiger Substanzen arbeitet: aber es tritt bei der Arbeit eine sehr auffällige Vermehrung des absorbirten Sauerstoffes und eine sehr auffallende Vermehrung der ausgeschiedenen Kohlensäure ein. Schon bei sehr mässiger Arbeit konnte die Ausscheidung der Kohlensäure und die Absorption des Sauerstoffes binnen 24 Stunden beinahe auf das Doppelte erhöht werden, und wenn man kleinere Zeiträume berücksichtigt, in denen intensiv gearbeitet werden kann, so kann nach ihren Versuchen die Sauerstoffabsorption bis auf das Fünffache von dem, was in der Ruhe absorbirt wird, gesteigert werden. Auch die Menge des ausgeathmeten Wassers wird bedeutend vermehrt, ja sogar in ähnlicher Menge vermehrt, wie die Menge der ausgeschiedenen Kohlensäure. Man muss dies aber nicht davon herleiten, dass das Wasser ausgeathmet würde, welches entsteht durch die chemische Verbindung des Sauerstoffes mit dem Wasserstoff im Körper. Das Wasser, welches ausgeathmet wird, ist nur das Wasser, welches sich an der Lungenoberfläche befindet und hier nach physikalischen Gesetzen abdunstet. Dass dasselbe bei der Arbeit so auffallend vermehrt wird, rührt daher, dass bei der Arbeit, um die grössere Menge von Sauerstoff zuzuführen und die grössere Menge von Kohlensäure abdunsten zu lassen, auch viel lebhafter

ventilirt wird, dass häufigere und tiefere Athemzüge gemacht werden als im Zustande der Ruhe.

Was die zweite Frage, die Verwendung der Eiweisskörper, betrifft, so zeigt es sich, dass bei stickstoffloser Kost die Harnstoffausscheidung herunterging auf ein gewisses Minimum (S. 390), auf dem sie dann verharrte, dass aber bei jeder Menge von Eiweisskörpern, welche verfüttert wurde, eine Vermehrung des Harnstoffes eintrat, weil niemals die ganze Menge des Eiweisskörper, welche verfüttert wurde, im Körper verblieb, sondern ein Theil derselben sich sofort weiter zersetzte. Wenn endlich das Thier, wie man zu sagen pflegt, sich ausgefressen hatte, das heisst, wenn es soweit gut ernährt war, dass es nicht mehr Fleisch ansetzte, seine Muskeln nicht mehr zunahmen; dann erschien der ganze Stickstoff des Futters wieder in dem Harne und in den Faeces. Es muss das einigermassen zum Nachdenken veranlassen, weil wir bei hungernden Thieren sehen, dass in erster Reihe die Kohlehydrate, das Leberglycogen und der Zucker, im Körper angegriffen werden, demnächst das Fett, und dass viel langsamer und erst in dritter Reihe die Eiweisskörper im Organismus, die Muskeln u. s. w. schwinden. Hier sehen wir dagegen bei ausgefütterten Thieren eine der ganzen verfütterten Eiweissmenge entsprechende Menge von Stickstoff im Harn und in den Faeces erscheinen. Während also beim Hungern die Eiweisskörper sich als diejenigen erwiesen hatten, welche zuletzt zerfielen, so zerfallen hier die Eiweisskörper in erster Reihe. Es hat dies Voit veranlasst, zu unterscheiden zwischen Organeiweiss und Circulationseiweiss. Von dem Organeiweiss, von demjenigen, welches wirklich Gewebsbestandtheil geworden ist, nimmt er an, dass es verhältnissmässig widerstandsfähig sei, während andererseits das Circulationseiweiss sehr leicht zersetzt werde, und deshalb der Stickstoff desselben sehr rasch wieder in den Excreten erscheine. Thatsache ist es nach dem Obigen, dass Eiweisssubstanzen durch reichliche Zufuhr nur bis zu einem gewissen Grade im Körper angehäuft werden können, und dass der Ueberschuss zerfällt, während andererseits bei mangelnder Zufuhr die Widerstandsfähigkeit der im Körper befindlichen Eiweisskörper bis zu einer gewissen Grenze wächst und sich dann nicht mehr ändert bis entweder wieder mehr Eiweiss zugeführt wird, oder das Thier an Inanition zu Grunde geht. Es ist auch gewiss richtig, diesen Wechsel wenigstens theilweise von verschiedenen Zuständen abzuleiten, in welchen sich die Eiweisssubstanzen im Körper befinden, so dass sie je nach diesen Zuständen mehr oder weniger leicht dem Zerfalle unterliegen. Dann ergibt es sich, dass bei mangelnder Eiweisszufuhr anfangs ein Theil rascher zerfällt, später der Rest mehr Widerstand leistet.

Von grosser Wichtigkeit ist es, dass Pettenkofer und Voit, so lange das ausgefütterte Thier noch an Gewicht zunahm, zwar den ganzen Stickstoff wieder in den Excreten erscheinen sahen, aber nicht den ganzen Kohlenstoff, so dass also offenbar auf Kosten von Eiweisssubstanzen eine stickstofflose Substanz im Körper gebildet werden musste, die in Rücksicht auf die Menge des Kohlenstoffes, welche fehlte, kaum für etwas Anderes als für Fett gehalten werden kann.

Die Menge des Wassers, welche aus den Lungen abdunstet, hat man quantitativ zu bestimmen versucht, indem man es theils condensirte, theils absorbirte. Man hat diese Menge sehr variabel gefunden, je nach

der Menge und nach der Tiefe der Athemzüge, und nach der Beschaffenheit der atmosphärischen Luft. Es ist klar, dass wenn die atmosphärische Luft mit Wasserdampf gesättigt, und dabei sehr warm ist, sie in den Lungen nur noch verhältnissmässig wenig Wasser aufnehmen kann, dass sie dagegen, wenn sie trocken ist, in den Alveolen der Lunge noch eine beträchtliche Menge von Wasser aufnehmen kann. Wenn sie ausgeathmet wird, ist sie zwar nicht ganz für die Temperatur des menschlichen Körpers mit Wasserdampf gesättigt, aber doch nahezu. Dass die Ausathmungsluft für diese Temperatur nicht ganz mit Wasserdampf gesättigt ist, davon kann man sich überzeugen, wenn man die Kugel eines Thermometers vergoldet oder verplatinirt, sie auf die Temperatur von 38° erwärmt und in die Mundhöhle hineinbringt, so dass sie von der Ausathmungsluft getroffen wird. Dann sieht man, wenn das Quecksilber unter 37° fällt, an der Oberfläche der Kugel noch nicht sofort einen Thau entstehen, erst früher oder später, wenn das Quecksilber noch um einen oder mehrere Grade gefallen ist, erscheint er, und zwar immer zuerst am Ende der Exspiration, also dann, wenn diejenige Luft kommt, welche am tiefsten in den Lungen gewesen ist, während die Luft, welche nur in den oberen, in den weiteren Luftwegen gewesen ist, weniger mit Wasserdampf gesättigt war. Die Luft scheint ferner in der Nase in der Regel einen Theil des Wassers abzugeben, denn, wenn man die Thermometerkugel unter ein Nasenloch bringt, so findet man immer die Temperatur, für welche die Luft mit Wasserdampf gesättigt ist, tiefer, als wenn man sie in der Mundhöhle misst. Nur bei schwitzenden Individuen zeigt sich diese Differenz nicht, da erscheint der Thau ebenso früh in der Luft, die aus der Nasenhöhle ausströmt, als in derjenigen, welche direct aus dem Kehlkopf durch die Mundhöhle ausströmt.

Es sind auch verschiedene Apparate angegeben worden, um die Menge der ein- und ausgeathmeten Luft zu bestimmen, namentlich in neuerer Zeit der Anapnograph von Bergeon und Kastus, welcher auf dem Principe des Anemometers beruht und graphische Resultate gibt in Gestalt einer Curve auf einem in Quadrate eingetheilten Papier. Er gibt zwar nur annähernde Resultate, hat aber den Vortheil, dass man mit einem kleinen und leicht transportablen Instrumente sehr grosse Luftvolumina, die Luft von einer ziemlich langen Reihe von Athemzügen, misst.

Sämmtliche Athmungsgrössen sind, wie wir gesehen haben, grossen Schwankungen unterworfen. Wenn man deshalb rechnet, dass ein ausgewachsenes Individuum binnen 24 Stunden 700—750 Gramme Sauerstoff absorbirt, und dass es 850—900 Gramm Kohlensäure ausscheidet, oder wenn man weitere Schwankungen berücksichtigend, das Gewicht des in 24 Stunden verbrauchten Sauerstoffes zu 700—1006 Gramme, das des ausgeschiedenen Kohlenstoffes zu 190—350 Grammen annimmt, so wird dadurch eine allgemeine Vorstellung von der Grösse des Stoffwechsels gegeben, ohne dass deshalb die Grenzen als unverrückbar zu betrachten sind, das Mittel als dasjenige, welches man etwaigen Rechnungen unter allen Umständen zu Grunde zu legen habe. Eine ähnliche Bedeutung hat es auch, wenn man rechnet, dass auf jedes Kilogramm Körpergewicht binnen 24 Stunden 11—12 Gramme Sauerstoff absorbirt und circa 14—15 Gramme Kohlensäure ausgeschieden werden.

Es drängt sich uns nun die wichtige Frage auf, wodurch eigentlich der Gaswechsel in den Lungen erfolgt, durch welche Kräfte der Sauerstoff absorbirt und die Kohlensäure ausgeschieden wird. Als Lavoisier die antiphlogistische Theorie aufstellte, erkannte er auch sogleich, dass der Lebensprocess des Menschen ein Verbrennungsprocess sei, und dass der Sauerstoff, der zur Verbrennung dient, in den Lungen aufgenommen, und die Verbrennungsproducte, Kohlensäure und Wasser, in den Lungen ausgeschieden werden. Man war damals geneigt, diesen Verbrennungsprocess in die Lunge selbst zu verlegen, als ob daselbst Verbindungen ausgeschieden würden, welche sich direct mit dem Sauerstoffe der atmosphärischen Luft verbänden und in Kohlensäure und Wasser zerfielen. Von dieser Ansicht kam man später zurück als Magnus zeigte, dass sowohl das arterielle als auch das venöse Blut bedeutende Mengen von auspumpbarem Sauerstoff und von auspumpbarer Kohlensäure enthält. Auch durch das Hindurchleiten von anderen Gasen konnten Sauerstoff und Kohlensäure aus dem Blute gewonnen, herausgewaschen werden. Da man damals auspumpbare Gase ohne Weiteres auch für nicht chemisch gebunden, für nur physikalisch aufgelöst hielt, so musste man zu der Vorstellung geführt werden, dass auf physikalischem Wege Sauerstoff in den Lungen absorbirt wird, und auf physikalischem Wege Kohlensäure in den Lungen abdunstet. Dass dieser Process niemals erlahmte, dass er sich fortwährend erneute, das konnte man sich auch ganz gut vorstellen. Wenn Sie irgend eine Flüssigkeit und über derselben ein Gasgemenge haben, also in unserem Falle ein Gasgemenge aus Stickstoff, Sauerstoff und Kohlensäure, so absorbirt die Flüssigkeit, wenn wir sie uns von Hause aus gasfrei denken, verschiedene Mengen von diesen verschiedenen Gasen, und zwar ist die Menge, welche sie von jedem absorbirt, abhängig von dem Absorptionscoefficienten für das Gas. Dieser ist wieder abhängig von der Temperatur, indem er immer bei fallender Temperatur wächst, bei steigender Temperatur kleiner wird. Bei einem und demselben Absorptionscoefficienten ist aber die Menge des absorbirten Gases weiter abhängig vom Partialdruck, welchen das Gas auf die Flüssigkeit ausübt. Wenn Sie sich das Gemenge in die einzelnen Gase geschieden denken, so würde jedem derselben von dem gemeinsamen Druck, den die Gase ausüben, ein bestimmter Bruchtheil zukommen, und diesem Drucke ist die Menge des von der Flüssigkeit absorbirten Gases proportional. Die Absorption wird so lange dauern, bis für diesen Partialdruck die Flüssigkeit mit dem betreffenden Gas gesättigt ist. Das würde also auch, wenn nur physikalische Kräfte wirkten, in der Lunge der Fall sein. Nun bleibt aber das Blut nicht in der Lunge, sondern es circulirt im Körper; im Körper finden Verbrennungen statt, es wird Sauerstoff verbraucht, Kohlensäure gebildet. Das Blut also, das in die Lungen zurückkehrt, würde immer reicher an Kohlensäure und ärmer an Sauerstoff sein, als es war, als es die Lunge verliess: es würde also, da die Partialdrucke der Gase in der Atmosphäre näherungsweise dieselben bleiben, in der Lunge immer Gelegenheit haben, Sauerstoff aufzunehmen und Kohlensäure abzugeben.

So wohl begründet auch diese Vorstellung erschien, so ist doch an ihre Stelle in Folge einer Reihe von Arbeiten, welche im Ludwig'schen Laboratorium ausgeführt wurden, ferner in Folge der Arbeiten von Pflüger

und von Preyer eine wesentlich andere getreten. Es hat sich gezeigt, dass die Gase, welche auspumpbar sind, keineswegs ohne Weiteres angesehen werden können als Gase, welche im Blute physikalisch aufgelöst enthalten sind. Ludwig und seine Schüler fanden, dass, wenn man ein Thier ersticken lässt, die Luft des Erstickungsraumes fast vollständig sauerstofffrei ist. Das stimmt nicht zusammen mit der Vorstellung, dass der Sauerstoff durch einige Zeit nach physikalischen Gesetzen im Blute aufgelöst bleibt: denn der Partialdruck des Sauerstoffes im Erstickungsraume war ja nahezu Null; es konnte also im Blute keine irgend wie in Betracht kommende Menge von Sauerstoff enthalten sein, welche noch dem einfachen Absorptionsgesetze folgte. Um den Sachverhalt zu erklären, musste man annehmen, dass, so wie ein Theil des Sauerstoffes absorbirt war, er auch sofort in eine lockere chemische Verbindung, aus welcher er beim Auspumpen durch Erniedrigung des Druckes wieder frei gemacht werden konnte, eintrat, dass dann neues Sauerstoffgas absorbirt ward, wiederum diese lockere chemische Verbindung einging u. s. f. bis am Ende nahezu aller Sauerstoff aus der Luft des Erstickungsraumes absorbirt war. Diese lockere Verbindung, in welche der Sauerstoff zunächst und sogleich übergeführt wird, ist die Verbindung mit dem Hämoglobin, das Oxyhämoglobin, welches das arterielle Blut hellroth macht zum Unterschiede von dem dunkelrothen venösen Blute. Da nun das Blut des erstickten Thieres nicht hellroth, sondern dunkelroth ist, so musste der Sauerstoff vor oder während des Erstickens diese erste Verbindung schon wieder verlassen haben und in anderweitige Verbindungen übergegangen sein, und so ist es auch in der That.

Andererseits gelang es, das Blut durch eine Quecksilberluftpumpe vollständiger zu entgasen, als dies früher der Fall war. Pflüger gewann dabei aus Hammelblut 30—40 Volumsprocente Kohlensäure, und es zeigte sich nun, dass aus diesem Blute durch Zusatz von Säure keine neue Kohlensäure mehr entwickelt wurde. Er hatte also die ganze Kohlensäure ausgepumpt, welche man früher als chemisch gebunden im Blute angesehen hatte. Er erhielt aber von Neuem Kohlensäure, wenn er nicht eine Säure, sondern kohlensaures Natron zu dem Blute hinzufügte und dann wieder auspumpte. Es war also offenbar eine Substanz im Blute vorhanden, welche im Stande war bei niederem Drucke aus kohlensauren Salzen die Kohlensäure auszutreiben. Hiernach war zu vermuthen, dass nicht die ganze früher ausgepumpte Kohlensäure physikalisch aufgelöst, sondern dass ein Theil derselben chemisch gebunden war, und dass auch bei der Ausscheidung der Kohlensäure in den Lungen sich chemische Einflüsse geltend machen.

Ein solcher chemischer Einfluss muss als ausgehend gedacht werden von einer Verbindung, welche der absorbirte Sauerstoff eingeht; denn Ludwig und Holmgren fanden, dass das Blut in einen mit Sauerstoff gefüllten Raum mehr Kohlensäure abgibt, als an das Vacuum.

Später hat Preyer die Ansicht aufgestellt, dass im Blute gar keine aufgelöste Kohlensäure enthalten, sondern dass alle Kohlensäure im Blute chemisch gebunden sei. Er schliesst folgendermassen: Wenn im Blute ein Theil der Kohlensäure chemisch gebunden und ein Theil physikalisch aufgelöst wäre, so könnte das Blut Kohlensäure nur aufnehmen nach physikalischen Gesetzen. Das ist aber erfahrungsgemäss nicht der Fall,

sondern erfahrungsgemäss nimmt das Blut Kohlensäure auf unabhängig vom Drucke. Das ist nur dadurch zu erklären, dass man annimmt, dass die Kohlensäure, welche in das Blut hineingelangt, dort in chemische Verbindung übergeht, also wieder Raum lässt für andere Kohlensäure, welche absorbirt werden kann.

Alles, was ich hier bisher gesagt habe, gilt nur vom Blute mit den Blutkörperchen, nicht vom Serum: denn Pflüger fand, dass sich das Serum nicht so vollständig entgasen lasse, dass alle Kohlensäure, auch die durch Säuren austreibbare, aus demselben ausgepumpt wird. Er fand, dass noch bis 7% durch Säuren austreibbare Kohlensäure in dem Serum zurückblieb.

Es stellt sich uns nun die weitere Frage, wo denn der hauptsächlichste chemische Process stattfindet: denn der Sauerstoff bleibt ja nicht verbunden mit dem Hämoglobin, sondern er geht andere festere Verbindungen ein, er wird vom Hämoglobin wiederum an andere Substanzen abgetreten. Das Hämoglobin dient nur dazu, ihn zu übertragen. Hellrothes Blut, welches man in einen abgeschlossenen Raum bringt, verliert seine Farbe wieder, wird dunkel, zum Zeichen, dass das gebildete Oxyhämoglobin wieder zerfällt und seinen Sauerstoff an andere Verbindungen abgibt.

Früher verlegte man den Oxydationsprocess hauptsächlich in das Blut. Man musste sich dabei sagen, dass der Oxydationsprocess im Lungenblute energischer von statten gehe als im übrigen Blute. Es war das erstens schon a priori wahrscheinlich, weil ja in den Lungen dem Blute der Sauerstoff zugeführt wird, und ein Feuer heller brennt vor der Düse, durch welche ihm die Luft zugeführt wird, als an anderen Orten; es ergab sich aber auch aus folgender Betrachtung. Das Blut, welches aus den Lungen zurückkehrt, hat ein gasförmiges Product, die Kohlensäure, abgegeben, es hat dafür freilich einen anderen gasförmigen Körper, den Sauerstoff, aufgenommen, es hat aber auch an einer feuchten Oberfläche eine grosse Menge von Wasser verdunstet und ist ausserdem mit immer neuen Luftquantitäten in Berührung gekommen, welche eine niedrigere Temperatur hatten als der Körper, und an welche es Wärme abgab: es musste ihm also nothwendig in den Lungen eine beträchtliche Menge von Wärme verloren gehen, es musste das Blut eine beträchtliche Abkühlung erleiden. Von dem übrigen Blute, das durch den Körper zurückkehrte, war nur das Blut, welches durch die Körperoberfläche, durch die Haut und namentlich durch die nackten Theile der Haut, gegangen war, ähnlichen abkühlenden Momenten ausgesetzt gewesen, das übrige nicht. Wenn also in allen Theilen des Blutes der Oxydationsprocess mit gleicher Energie von statten ginge, so müsste man erwarten, dass das Blut, welches aus den Lungen zurückkehrt, also das Blut der linken Herzenhälfte, eine bedeutend niedrigere Temperatur habe als das Blut, das aus dem Körper zurückkehrt. Das ist aber nicht der Fall. Die Temperaturdifferenz in beiden Herzhöhlen ist so gering, dass bis auf den heutigen Tag darüber gestritten wird, ob das Blut im rechten oder linken Ventrikel wärmer sei. Daraus muss man also den Schluss ziehen, dass in der Lunge eine beträchtliche Menge von Wärme gebildet worden ist, durch welche dem Lungenblute seine Wärmeverluste ersetzt worden sind.

In neuerer Zeit ist man aber mehr und mehr darauf aufmerksam geworden, dass die chemischen Processe, welche in den Organen vor sich

gehen, an Intensität diejenigen, welche im Blute vor sich gehen, nicht selten übertreffen. Man drückt das aus, indem man sagt, es sei nach den jetzigen Ansichten der Hauptoxydationsprocess in die Gewebe verlegt worden. Es ist zwar richtig, dass das hellrothe Blut im eingeschlossenen Raume dunkelroth wird, aber dieser Process geht verhältnissmässig langsam vor sich. Wenn dagegen das Blut durch die Capillaren hindurchgegangen ist, so ist es plötzlich, während es in den Arterien noch hellroth war, dunkelroth geworden, kommt dunkelroth in den Venen an, so dass man also sieht, dass es bei inniger Berührung mit den Geweben in sehr kurzer Zeit den grössten Theil seines locker gebundenen Sauerstoffes abgegeben hat, und wahrscheinlich nicht abgegeben hat an andere Bestandtheile des Blutes, sondern an die Gewebe und an die umgebende Gewebsflüssigkeit. Die verschiedenen Organe verhalten sich hiebei wieder sehr verschieden und verhalten sich auch verschieden je nach ihrer Ruhe oder Thätigkeit. Am wenigsten Sauerstoff scheinen die Nieren zu verbrauchen, wenigstens nach der Farbe des Blutes zu urtheilen, indem das Blut der Nierenvenen heller roth ist als das der übrigen Venen. Bei den Speicheldrüsen haben wir gesehen, dass im Zustand der Ruhe das Blut dunkler aus ihnen herauskommt und zugleich spärlich, dass dagegen, wenn die Speicheldrüsen secerniren, das Blut reichlich und weniger dunkel in die Venen zurückkommt, vielleicht nur deswegen, weil es mit grösserer Geschwindigkeit durch die Capillaren hindurchgegangen ist, weil es sich weniger lange in denselben aufgehalten hat. Das Umgekehrte scheint bei den Muskeln der Fall zu sein. Beim Durchgange des Blutes durch die thätigen Muskeln ist dasselbe zwar nicht immer dunkler gefunden worden als wenn es durch ruhende Muskeln gegangen war, aber Ludwig fand doch, dass das Blut, welches durch die thätigen Muskeln gegangen war, immer weniger Sauerstoff und mehr Kohlensäure enthielt, als das Blut, welches durch die ruhenden Muskeln hindurchgegangen war.

Die Respirationsbewegungen.

Wir haben endlich, ehe wir den Respirationsprocess verlassen, noch den mechanischen Act der Respiration zu betrachten. Der Zweck der Respirationsbewegungen ist die innere Ventilation der Lunge, die Erneuerung der Luft in den Lungenzellen. Nun wird bekanntlich immer nur ein Theil der in den Lungen enthaltenen Luft mit einer Exspiration ausgestossen und bei der Inspiration durch neue ersetzt. Diese ist natürlich zunächst diejenige, welche in der Trachea und in den gröberen Bronchien enthalten ist, und man hat deshalb angenommen, es contrahirten sich abwechselnd die Muskelfasern der Bronchien und pumpten auf die Weise die Luft in den Lungen hin und her, pumpten die verbrauchte Luft heraus und liessen neue wieder hineintreten. Man hat aber niemals etwas von einer solchen periodischen Zusammenziehung der Bronchialmuskulatur wahrgenommen, man weiss überhaupt nichts von periodischen Zusammenziehungen der Bronchialmuskulatur, und es ist wohl ein anderes, viel wirksameres Mittel vorhanden, durch welches auch die Luft in den Alveolen erneuert wird, nämlich die meistens nicht unbeträchtliche Temperaturdifferenz zwischen der atmosphärischen Luft und der Luft in den Alveolen, durch welche fortwährend Strömungen unterhalten werden. Daraus geht

hervor, dass in einer niederen Temperatur die Lunge besser ventilirt sein muss als in einer höheren, was insoferne dem Organismus zu statten kommt, als er ja bei niederer Temperatur, um seine Wärme zu bilden, energischer respiriren muss, als er es bei höherer Temperatur thut.

So viel wir wissen, wird die Inspirationsbewegung ausschliesslich ausgeführt durch Skeletmuskeln des Thorax. Der Hauptinspirationsmuskel ist das Zwerchfell. Indem das Zwerchfell sich zusammenzieht, erweitert es den Thorax zunächst von oben nach unten. Es erniedrigt dadurch den Luftdruck, und da zugleich der M. cricoarytaenoideus posticus und lateralis zusammenwirkend, nach Anderen der erstere allein, die Stimmritze offen halten, strömt nun in Folge des geringeren Druckes die atmosphärische Luft in den Thorax ein. Das Zwerchfell kann dabei nicht gleichmässig in seiner ganzen Ausdehnung nach abwärts gehen, indem sein mittlerer Theil durch seine Verbindung mit dem Herzbeutel und den Mediastinalplatten relativ fest gehalten ist; es flacht sich also namentlich in seinen seitlichen Partien, da, wo es unter den Lungen liegt, ab. Indessen kann auch der Stand des mittleren Theiles nicht so unveränderlich sein, wie man wohl zu glauben geneigt sein möchte, da die Lage des Herzens sich je nach dem Contractionszustande des Zwerchfells nicht unbeträchtlich ändert, wie man dies am besten beim tonischen Zwerchfellkrampf erfährt, wenn man mittelst der links am Processus xiphoideus eingedrückten Finger den Herzstoss untersucht.

Indem sich das Zwerchfell zusammenzieht, erweitert es den Thorax nicht nur in seinem Durchmesser von oben nach unten, sondern es erweitert ihn auch in seinem transversalen Durchmesser und in seinem Durchmesser von vorn nach hinten. Es kann auf den ersten Anblick auffallend erscheinen, dass ein Muskel, der sich ringsum an dem unteren Umfange des Thorax ansetzt, bei seiner Contraction den Umfang des Thorax vergrössern soll, aber nichts desto weniger ist dies der Fall. Man muss bedenken, dass der untere Umfang der Brusthöhle zugleich der obere Umfang der Bauchhöhle ist, dass die Wand des Thorax sich direct in die Bauchwand fortsetzt. Wenn nun das Zwerchfell sich zusammenzieht, drückt es auf die Eingeweide, und da diese nicht anders als nach vorne und nach den Seiten ausweichen können, so drücken sie die Bauchwand nach vorne und nach den Seiten heraus, und da, wie gesagt, die Bauchwand sich direct in die Wand des Thorax fortsetzt, so ist die Folge davon, dass auch der untere Umfang des Thorax erweitert wird.

Das Zwerchfell besorgt die ruhige Inspiration beim Manne fast ausschliesslich, indem sich bei ihm die oberen Partien des Thorax in der Regel fast gar nicht erweitern, die Rippen sich fast gar nicht heben. Anders ist es bei den Weibern, bei denen meist schon durch ihre Kleidung die Zwerchfellathmung eingeschränkt ist. Bei ihnen sieht man deutlich, dass sie auch mit dem oberen Theile des Thorax athmen, und dass sie dies selbst dann noch thun, wenn sie auch durch ihre Kleidung in der Zwerchfellsathmung nicht eingeschränkt sind.

Wenn der Thorax mittelst der Rippen erweitert werden soll, so geschieht dies, indem die Rippen so gehoben werden, dass das Sternum nach vorn und nach aufwärts geht, dass also die Neigung der Rippen gegen den Horizont vermindert wird; ferner geschieht es aber auch dadurch, dass sich jede einzelne Rippe um eine von vorn nach hinten gerichtete

Axe dreht, so dass die Concavität der Rippe stärker nach auswärts gewendet wird, während sie bei der Exspiration mehr nach abwärts gewendet ist. Durch erstere Action wird der Thorax von vorn nach hinten erweitert, durch die letztere Action, durch das Drehen der Rippen um eine von vorne nach hinten gehende Axe, wird der Thorax in seinem queren Durchmesser erweitert.

Welche Muskeln können sich nun an dieser Bewegung betheiligen, welche Muskeln sind ausser dem Zwerchfell noch Inspirationsmuskeln? Die Antwort darauf lautet: Alle diejenigen Muskeln, welche die Rippen heben können und dabei vom Stamme zu den Rippen gehen, wie dies z. B. beim Serratus posticus superior und bei den Levatores costarum der Fall ist, aber nicht diejenigen Muskeln, welche vom Schultergürtel zu den Rippen hingehen, und zwar deshalb nicht, weil die Respirationsbewegung unabhängig sein muss von der Thätigkeit der Extremitäten. Wenn man denkt, dass ein Holzhauer, wenn er mit seinen Armen arbeitet, dazu dieselben Muskeln verwenden sollte, welche er für die gewöhnliche Inspiration braucht, so würden arge Collisionen entstehen, indem Niemand zweien Herren dienen kann, und auch dieselben Muskeln nicht zugleich den Respirationsbewegungen und der Arbeit der Arme dienen können. Selbst der Serratus anticus major, obgleich er durch die Rhomboidei mit dem Stamme verbunden ist, ist kein Inspirationsmuskel, weil zwischen ihm und den Rhomboideis das Schulterblatt mit seinem hinteren Rande eingeschaltet ist, und somit von den Bewegungen dieser Muskeln, des Serratus anticus major und der Rhomboidei, die Bewegungen des Schulterblattes und damit bis zu einem gewissen Grade die Bewegungen der oberen Extremität abhängen. Nur bei Dyspnoe, bei gewaltsamer Anstrengung zur Inspiration, wo die Inspirationsmuskeln zuletzt ermüden, da stemmen die Kranken die oberen Extremitäten an, um alle Theile des Schultergürtels festzustellen und nun Muskeln mit für die Inspiration arbeiten zu lassen, welche für gewöhnlich dabei keine Hilfe leisten.

Wenn der Thorax erweitert wird, so wird dabei anfangs durch den Druck auf die Baucheingeweide die Bauchwand nach aussen getrieben. Wenn Sie die Hand auf die Magen- und obere Bauchgegend legen und langsam inspiriren, so werden Sie finden, dass die Hand gehoben wird: wenn Sie aber dann weiter inspiriren, so werden Sie zuletzt an eine Grenze kommen, wo die Hand nicht mehr gehoben wird, und wenn Sie die Hand über den Nabel hinlegen, so werden Sie bemerken, dass zuletzt dieser Theil des Bauches eingezogen wird. Das geht so zu, dass sich zuerst das Zwerchfell zusammenzieht, das drückt die Baucheingeweide nach aussen; dann aber werden die Rippen immer mehr gehoben und wenden ihre Convexität immer mehr nach aussen, dadurch wird der untere Thoraxumfang immer mehr erweitert, und zugleich wird das Zwerchfell, obgleich im contrahirten Zustande, in die Höhe gehoben. Dadurch wird Raum gemacht, und da die Baucheingeweide immer nur einen bestimmten Raum einnehmen, so sinken die Bauchdecken jetzt wiederum ein.

Es wird angegeben, dass bei der tiefen Inspiration sich die Länge des Körpers um ein Geringes vermehre, und dass sie bei der Exspiration sich um ein Geringes vermindere. Es ist jedoch nicht gewiss, ob dies

allgemein ist; es scheint, dass es zwar häufig, aber nicht immer der Fall ist.

Für die ruhige Exspiration sind keine Muskeln thätig, wie für die ruhige Inspiration. Die ruhige Exspiration erfolgt durch elastische Kräfte. Indem inspirirt worden ist, sind Spannkräfte erzeugt worden, erstens indem die Bauchdecken stärker gespannt wurden, zweitens indem die in den Baucheingeweiden enthaltenen Gase zusammengedrückt wurden, und endlich sind Spannungen erzeugt worden in dem in seinen Wänden mehr oder weniger biegsamen Thorax. Wenn die Contraction der Inspirationsmuskeln nachlässt, so setzen sich die in dieser Weise angehäuften Spannkräfte wieder in lebendige Kraft um, der Thorax, die Baucheingeweide und das Zwerchfell gehen wieder in die Exspirationslage über. Dass dem so sei, erhellt schon daraus, dass bei Sterbenden der Thorax in die Exspirationslage übergeht. Es ist zwar neuerlich behauptet worden, dass man an Leichen eine Mittellage finde, zwischen Inspirationslage und Exspirationslage. Das bezieht sich aber auf die Zeit der Todtenstarre und auf die Wirkung gewisser Bewegungen, der sogenannten Sommer'schen Bewegungen, von welchen wir später noch sprechen werden. Unmittelbar nach dem Tode tritt immer die ruhige Exspirationslage ein, freilich nicht die gewaltsame Exspirationslage, welche man hervorrufen kann, wenn man eine Reihe von Muskeln zusammenzieht, die einerseits die Baucheingeweide zusammendrücken und dadurch das Zwerchfell in die Höhe treiben, andererseits die Rippen nach abwärts ziehen und dadurch den Thorax verengern. Diese werden nur dann in Thätigkeit versetzt, wenn gewaltsam, wenn mit einem Hinderniss exspirirt wird, wenn geblasen oder gehustet oder geniest wird, oder wenn man aus irgend welchem Grunde seine Lunge so viel als möglich von der darin enthaltenen Luft entleeren will. Es sind dies, wie Sie leicht einsehen werden, die Bauchmuskeln, der Quadratus lumborum, der Sacrolumbalis, der Serratus posticus inferior u. s. w., kurz alle Muskeln, welche einerseits die Bauchhöhle verengern können, und dadurch mittelst der Eingeweide das Zwerchfell in die Höhe treiben, andererseits die Rippen nach abwärts ziehen und dadurch den Querdurchmesser und den Tiefendurchmesser des Thorax, den Durchmesser von vorn nach hinten, verkleinern. Die Wirkung aller dieser Muskeln ist leicht verständlich und ergibt sich schon aus der anatomischen Betrachtung derselben. Anders verhält es sich mit den Intercostalmuskeln, deren Wirkung nicht auf den ersten Anblick gleich verständlich ist. In früherer Zeit hat man im Allgemeinen schlechtweg die Intercostales externi für Inspirationsmuskeln und die Intercostales interni für Exspirationsmuskeln erklärt. Das beruht auf einem Schema, welches der alte Physiolog **Hamberger** aufgestellt hatte. Er stellte sich je zwei benachbarte Rippen als zwei Schienen *a b* und *c d* vor, welche Theile eines Parallelogrammes bilden. Dann waren die Fasern der Intercostales externi von hinten

Fig. 44.

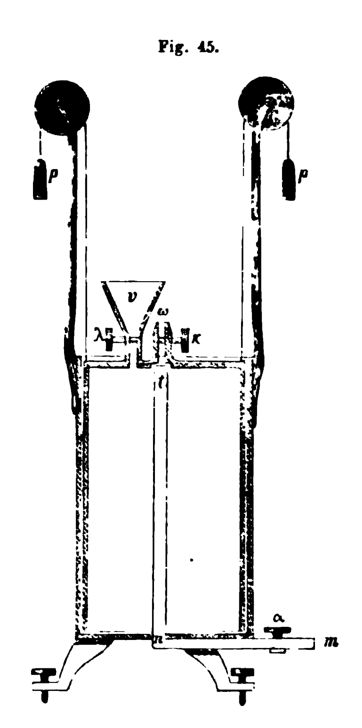
und oben nach vorn und unten, und die Fasern der Intercostales interni von vorn und oben nach hinten und unten gespannt. Wenn sich nun die Fasern der Intercostales externi (Fig. 44 α β) verkürzten, so mussten die Rippen gehoben werden, sie mussten einen kleineren Winkel machen mit dem Horizonte, und also in die Inspirationslage übergehen; wenn dagegen die Intercostales interni (Fig. 44 δ γ) sich zusammenzogen, so mussten die Rippen sich nach abwärts bewegen, sie mussten also in die Exspirationslage übergehen. Aber dieses Schema ist nicht auf alle Partien der Intercostalmuskeln gleich anwendbar, namentlich der Brusttheil der Intercostales interni fügt sich ihm schlecht. Es hat sich deshalb die Ansicht geltend gemacht, dass nicht blos die Intercostales externi, sondern auch die Intercostales interni Inspirationsmuskeln seien. Man hat gesagt: Was thuen beide Intercostales, sowohl interni als externi? Beide nähern die Rippen einander; folglich, wenn die obere Rippe gehoben worden ist, und ihr alle nach einander so viel als möglich genähert werden, so werden sie sämmtlich gehoben, was eben für die Inspiration charakteristisch ist. Man kann indess durch einen einfachen Versuch zeigen, dass diese Betrachtung nicht Stich hält. Es ist Jedermann bekannt, dass bei gesunden Menschen bei der Inspiration das Sternalende der Clavicula und mit ihm das Manubrium sterni in die Höhe geht. An das Manubrium sterni heftet sich die erste Rippe an, also auch diese geht mit in die Höhe. Andererseits ist es durch vielfache Versuche festgestellt, dass die letzte Rippe sich bei der Inspiration mit ihrem Ende nicht nach aufwärts, sondern nach rückwärts bewegt. Ferner wird, wie wir gesehen haben, der Thorax bei der Inspiration convexer. Wenn Sie sich nun in der Exspirationslage ein Band vom Manubrium sterni herübergelegt denken über den Thorax zur letzten Rippe hin, so folgt dieses Band ungefähr der Richtung der Fasern der Intercostales interni. Wenn also die Intercostales interni Inspirationsmuskeln wären, so müsste dieses Band in der Inspirationslage ein kürzeres Mass ausweisen, mit andern Worten, der Weg des Bandes vom Manubrium sterni bis zur letzten Rippe müsste ein kürzerer werden. Es lässt sich aber leicht zeigen, dass dies nicht möglich ist, und dass es auch nicht der Fall ist. Das Manubrium sterni geht in die Höhe, die letzte Rippe bewegt sich nach hinten, der Thorax wird convexer, also kann unmöglich der Weg, welchen das Band macht, kürzer werden und eben so wenig die Summe der Fasern der Intercostales interni.

Die Intercostalmuskeln haben offenbar einen wesentlichen Nutzen darin, dass sie die gleichmässige Spannung der Intercostalräume erhalten. Sie thuen dies bekanntlich so lange, als auch die Lunge, wie man sich gewöhnlich ausdrückt, ihre Elasticität oder, richtiger gesagt, ihre organische Contractilität hat: sie thuen dies besser als eine elastische Membran, weil eine solche bei der Bewegung der Rippen immer in zwei verschiedenen Richtungen ausgezogen werden würde, während man hier gekreuzte Faserzüge hat, welche stets die gleichmässige Spannung des Intercostalraumes erhalten. Andererseits können die Intercostalmuskeln wirken als Dreher des Körpers, indem namentlich bei Kindern der Körper nicht nur im Lendentheil, sondern auch im Thoraxtheile einer schraubenförmigen Drehung fähig ist.

Spirometrie.

Man hat die Kraft gemessen, mit der die Inspirationsmuskeln die Luft einziehen können und hat die Kraft gemessen, mit der die Exspirationsmuskeln die Luft herausdrücken können. Es ist dies die sogenannte Manometrie der Lunge, welche namentlich in neuerer Zeit von Waldenburg cultivirt worden ist. Er hat dabei unter anderem gefunden, dass bei Tuberculösen die Kraft geschwächt ist, mit der sie die Luft in die Lunge einziehen während umgekehrt, bei Individuen, welche am Emphysem leiden, die Kraft geschwächt ist, mit welcher sie die Luft aus den Lungen auszutreiben im Stande sind. Man hat ferner die Menge der Luft gemessen, welche beim ruhigen Athmen von verschiedenen Individuen mit einem Athemzuge oder in einer Reihe von Athemzügen (siehe S. 433) ein- und ausgeathmet wurde. Man hat aber auch die Menge Luft gemessen, welche man, nachdem man möglichst tief eingeathmet hat, wieder ausathmen kann, wenn man möglichst tief ausathmet, und dieser letzte Punkt soll uns hier näher beschäftigen. Auf ihn gründet sich die sogenannte Spirometrie. Hutchinson machte zuerst darauf aufmerksam, dass es von diagnostischem und prognostischem Interesse sein könne, gerade diese Quantität bei verschiedenen Individuen zu messen, und er construirte zu diesem Zwecke ein Instrument, welches er mit dem Namen des Spirometers belegte. Es besteht aus zwei Cylindern, von denen der eine oben offen ist, der andere unten offen und oben geschlossen, und welche nach dem Principe des Gasometers in einander gestürzt sind. Von dem inneren Cylinder verlaufen zwei Schnüre nach aufwärts, welche über ein paar Rollen gehen und Gewichte (*p p* Fig. 45) tragen, durch die der Cylinder aequilibrirt ist, so dass ihn das eintretende Gas unter möglichst geringem Widerstande hebt. Als Sperrflüssigkeit bediente man sich ursprünglich des Wassers. Es ist aber besser, sich bei diesen messenden Versuchen als Sperrflüssigkeit der concentrirten Chlorcalciumlösung zu bedienen, weil diese von den exspirirten Gasen viel weniger absorbirt als das Wasser, und deshalb die Resultate genauer werden. Soll das Instrument gebraucht werden, so öffnet man die Hähne $\varkappa$ und λ und giesst durch den Trichter *v* die Sperrflüssigkeit ein, bis sie den inneren Cylinder und den Raum zwischen innerem und äusserem Cylinder ganz erfüllt, ohne jedoch bei *t* in das Rohr *t n m*

Fig. 45.



hineinzufliessen. Dann schliesst man beide Hähne. An *m* ist ein weiter Kautschukschlauch mit einem Mundstücke befestigt. Man löst die etwa beengenden Kleider, athmet in aufrechter Stellung möglichst tief ein, schliesst die Gaumenklappe, öffnet den Hahn *α* und athmet langsam und stetig in das Mundstück aus, so lange man es vermag. Die Ausathmungsluft geht durch das Rohr *m n t*, tritt bei *t* aus, verbreitet sich unter dem Boden des inneren Cylinders und hebt denselben, während sich die Gewichte *p p* senken. Nachdem man alle Luft ausgeathmet hat schliesst man den Hahn *α*.

Die Höhe, zu welcher der Cylinder gehoben worden ist, liest man an dem Hutchinson'schen Instrumente an einer angebrachten Theilung ab. Da der innere Cylinder von oben nach unten geaicht, d. h. das Volum, welches verschiedenen Höhen entspricht, evaluirt ist, so erhält man hierdurch zugleich das Volum der Luft, die sich über dem Spiegel der Sperrflüssigkeit angesammelt hat. Da aber die Aequilibrirung unvollkommen ist, so ist der Druck, unter dem diese Luft steht, nicht nothwendig dem der Atmosphäre gleich. Man hat deshalb an verschiedenen Spirometern verschiedene Vorrichtungen, um gleichzeitig das äussere und innere Niveau der Sperrflüssigkeit beobachten zu können. Man hebt oder senkt den inneren Cylinder so lange, bis beide gleich hoch stehen, und liest dann ab.

Soll ein neuer Versuch gemacht werden, so öffnet man den Hahn *κ*, drückt den inneren Cylinder, während die Luft bei *ω* entweicht, wieder in seine ursprüngliche Lage hinab und schliesst den Hahn *κ* wieder. Dann beginnt man wie beim ersten Versuche.

Hutchinson, der solche Versuche an einer grossen Anzahl von Individuen vornahm, fand, dass die Vitalcapacität, so nannte er die Differenz der Luftmengen im Thorax zwischen tiefster Inspirations- und tiefster Exspirationsstellung, bei verschiedenen Individuen sehr verschieden sei, und er suchte nun zu ermitteln, wovon ihre Grösse abhänge. Er verglich zu diesem Zwecke zunächst gesunde Individuen. Er bestimmte ihr Körpergewicht, er bestimmte den Umfang ihres Thorax und ihre Körperlänge. Er fand, dass die Vitalcapacität durchaus unabhängig sei von dem Körpergewichte, dass manchmal sehr schwere Individuen, wenn sie zugleich sehr fettleibig waren, ein geringes Luftvolum ausathmeten, während andere, gracile Individuen, die viel leichter waren, eine grössere Vitalcapacität hatten. Er fand, dass auch der Thoraxumfang keinen directen Einfluss auf die Vitalcapacität hatte, wohl aber die Körperlänge, und zwar in so entscheidender Weise, dass unter gesunden Individuen für je $2\frac{1}{2}$ Cm. Körperlänge mehr ein Plus an Ausathmungsluft, an Vitalcapacität, von 131 Cc. hinzukam. Er hat dies in einer Tabelle ersichtlich gemacht, in der er die nach diesem Index berechneten Werthe mit den wirklich gefundenen zusammenstellt.

Körperlänge in Centimetern	Athmungsgrösse in Cubikcentimetern (gefunden)	(berechnet)
152 bis 154,5	2870	2870
154,5 „ 157	2902	3001
157 „ 159,5	3100	3132
159,5 „ 162	3165	3263

Körperlänge in Centimetern			Athmungsgrösse in (gefunden)	Cubikcentimetern (berechnet)
162	bis	164,5	3296	3394
164,5	„	167	3510	3525
167	„	169,5	3656	3656
169,5	„	172	3739	3787
172	„	174,5	3887	3918
174,5	„	177	4034	4049
177	„	179,5	4051	4180
179,5	„	182	4248	4311

Diese Zahlen wurden am wesentlichsten alterirt durch das Lebensalter, indem junge Individuen bei gleicher Körperlänge stets eine grössere Vitalcapacität hatten als ältere Individuen, was sich aus der grössern Biegsamkeit ihres Thorax, aus der grösseren Beweglichkeit ihrer Rippen erklärt.

Bei Brustkranken fand Hutchinson sehr bedeutende Abweichungen. Er fand, dass bei allen tuberculösen Individuen die Vitalcapacität sehr bedeutend herabgesetzt war. Er schlägt deshalb vor, das Spirometer zu diagnostischen Zwecken zu benützen, indem er angibt, dass damit unter Umständen beginnende Tuberculose diagnosticirt werden könne, selbst wenn die physikalischen Symptome der Auscultation und Percussion dieselbe noch nicht erkennen lassen. Er beruft sich auf die Erfahrungen seiner eigenen Praxis und namentlich auf die Geschichte eines professionellen Boxers, eines gewissen Heanan, der von Amerika nach England herüberkam, um sich dort mit seinen Fachgenossen zu messen. Hutchinson hatte Gelegenheit, ihn bald nach seiner Ankunft zu untersuchen und fand bei ihm eine sehr grosse Vitalcapicität. Nach längerer Zeit hatte er wieder Gelegenheit ihn zu untersuchen und fand, dass die Vitalcapacität bedeutend abgenommen hatte. Er rief die geschicktesten seiner Collegen zusammen, die nach sorgfältiger Untersuchung erklärten, dass die Auscultation und Percussion noch keine Zeichen der beginnenden Tuberculose wahrnehmen liessen. Nichts desto weniger ging Heanan nach einer Reihe von Monaten in einem Londoner Hospital tuberculös zu Grunde.

Es kann wohl zweifelhaft sein, ob dieses Instrument in vielen Fällen frühere und sichere Anzeichen der beginnenden Tuberculose gibt, als sie die Auscultation und Percussion geben kann; aber einen Vorzug hat es ohne Zweifel, nämlich den, dass seine Anwendung nicht wie die des Stethoskops und des Plessimeters die Kenntnisse und die Geschicklichkeit eines Arztes verlangt. Es können auch Laien damit umgehen: es kann z. B. in dem Bureau einer Lebensversicherungsanstalt oder einer Witwensocietät ein solches Instrument aufgestellt sein, damit jeder, der in die Gesellschaft aufgenommen werden will, hier Proben seiner Vitalcapacität ablegen kann. Die wesentlichste Fehlerquelle bei den Bestimmungen mit dem Spirometer liegt, abgesehen von den individuellen Abweichungen von der Regel, welche vorkommen, in zwei Dingen: Erstens darin, dass man es durch Uebung an dem Instrumente zu einer grösseren Vitalcapacität bringt. Jemand, der zum ersten Male in ein solches Instrument hineinbläst, zeigt niemals seine wahre Vitalcapacität. Er muss

sich einigermassen eingeübt haben, um mit der hinreichenden Langsamkeit, Ruhe und Stetigkeit auszuathmen, um wirklich alle Luft vollständig in das Instrument hineinzubringen. Eine zweite wesentliche Fehlerquelle liegt darin, dass die Vitalcapacität eine verschiedene ist, je nachdem der Bauch voll, oder je nachdem er leer ist, indem die Beweglichkeit des Zwerchfelles von der Völle und Leerheit der Baucheingeweide abhängt. Sie wissen, dass man Pferden vor dem Rennen Abführmittel gibt, damit ihr Zwerchfell beweglicher werde. Auch der Mensch kann, wenn er seinen Magen gefüllt hat, sein Zwerchfell nicht so weit nach abwärts bringen, wie er es vermag, wenn derselbe leer ist. Es gibt deshalb das Spirometer nicht unter allen Umständen an demselben Individuum dasselbe Resultat.

Die Bewegungserscheinungen.

Molekularbewegung.

Sprechen wir, um mit dem Kleinsten anzufangen, zunächst von der sogenannten Molekularbewegung. Robert Brown, der berühmte englische Botaniker, entdeckte, dass kleine Körperchen, welche in einer Flüssigkeit flottiren, unter dem Mikroskope niemals ruhig, sondern in einer steten zitternden und zugleich fortschreitenden Bewegung begriffen sind. Er nannte dies Molekularbewegung. Man glaubte anfangs, dass diese Bewegung nur organischen Substanzen eigen sei, aber später hat man sich überzeugt, dass nicht nur leblose Substanzen, wie z. B. Gummigutt oder die Körner von Tusche, sondern dass auch anorganische Substanzen, z. B. Schwefel, der aus seinen Lösungen im fein vertheilten Zustande gefällt worden ist, unter dem Mikroskope dieselben Erscheinungen zeigen. Eine wesentliche Frage, welche zu lösen war, war die, ob die Körnchen sich in der Flüssigkeit bewegen, oder ob Bewegungen, kleine Strömchen, in der Flüssigkeit vorhanden sind, durch welche die Körner in Bewegung gesetzt werden, indem sie wie ein Gegenstand, welchen man in einen Bach hineinwirft, mit dem Strome fortgerissen werden. Man ist zu dem Resultate gekommen, dass das letztere der Fall sei. S. Exner, der sich vor einigen Jahren eingehend mit diesem Gegenstande beschäftigt hat, ist auch zu dieser Ansicht gelangt und zwar aus folgenden Gründen. Erstens sieht man sehr häufig zwei Körnchen lange Zeit mit einander denselben Weg verfolgen, ohne dass sie mit einander zusammenhängen. Man sieht sie manchmal sich um ein Geringes von einander entfernen, dann sich wieder etwas nähern, aber im Allgemeinen sieht man sie denselben Weg durch das Sehfeld machen. Das würde nur die Sache eines seltsamen Zufalles sein, wenn die Bewegung von den Körnchen selbst ausginge; es erklärt sich aber sehr leicht, wenn man annimmt, dass Ströme existiren, welche die Körnchen mit sich reissen, denn dann braucht man, um die angeführte Thatsache zu erklären, nur anzunehmen, dass zwei solche Körnchen in eine und dieselbe Strömung hineinkommen. Der zweite wesentliche Grund, den Exner aufführt, ist der, dass mit der Menge der suspendirten Körnchen

die Intensität der Bewegung derselben abnimmt. Wenn die Bewegung von den Körnchen ausginge, so müsste mit jedem neuen Körnchen, das hinzukommt, auch neue Bewegungsursache mit in die Flüssigkeit hineinkommen; wenn aber die Bewegung von der Flüssigkeit abhängt und die Körnchen nur passiv sind, so muss sich dieselbe Bewegungssumme in ihrer Wirkung auf eine grössere Masse von Körnchen vertheilen, sobald eine grössere Menge von Körnchen hineinkommt. Die Ströme verlieren ja an lebendiger Kraft das, was sie an die festen Theile, an die Körnchen übertragen, so dass sie in derselben Weise geschwächt werden, wie z. B. der Wind dadurch geschwächt wird, dass er Windmühlen treibt, indem die Strömung der Luft weniger schnell ist, nachdem sie durch die Flügel der Mühle hindurchgegangen ist, als sie vorher war, als sie auf die Flügel der Mühle auffiel.

Eine weitere Frage ist die, woher die bewegenden Kräfte stammen, welche die Ströme verursachen. Da liegt es wohl am nächsten, nachdem gezeigt worden ist, dass die Verdunstung keinen Einfluss darauf hat, oder dass, richtiger gesagt, die Verdunstung nicht das Wesentliche ist, indem auch in gänzlich abgeschlossenen Flüssigkeitsmassen diese Bewegungen noch stattfinden, an die Wirkung des Lichtes und der Wärme zu denken. In der That haben die Versuche von Exner auch gezeigt, dass man durch strahlende Wärme die translatorische Geschwindigkeit der Körnchen auf das Doppelte erhöhen könne. Er mass mit dem Glasmikrometer unter dem Mikroskope den Weg, den ein bestimmtes Körnchen in einer bestimmten Zeit zurücklegte, bald bei intensiver, bald bei weniger intensiver Strahlung, und fand auf diese Weise den Einfluss derselben aufs Deutlichste ausgeprägt. Aber es gelang ihm auch, diesen Einfluss mehr im Grossen zu zeigen. Es ist bekannt, dass sehr fein vertheilte Niederschläge, selbst wenn sie ein ziemlich hohes specifisches Gewicht haben, sich doch schwer absetzen. Wir haben schon bei Gelegenheit der Zuckerproben gesehen, dass, wenn sich das Kupferoxydul oder Oxydulhydrat in äusserst fein vertheiltem Zustande ausschied, dass es dann sich nicht oder nur sehr langsam zu Boden setzte und Stunden, ja Tage lang eine lehmfarbene Trübung in der Flüssigkeit hervorbrachte. In ähnlicher Weise kann man auch eine Gummiguttlösung bereiten, welche sich ausserordentlich schwer klärt, ausserordentlich schwer absetzt. Zu diesem Zwecke entzieht man dem Gummigutt das Arabin, welches es enthält, löst das eigentliche Harz des Gummis in Alkohol auf und fällt es daraus wieder durch Wasser. Dann scheidet es sich in höchst fein vertheiltem Zustande aus und trübt Tage lang die Flüssigkeit. Wenn man aber eine solche Flüssigkeit in einen dunklen Eiskeller bringt, klärt sie sich darin, indem nun die Bewegungsursachen in der Flüssigkeit nicht mehr vorhanden sind, und deshalb die Theilchen Zeit haben, sich abzusetzen. Wenn man andererseits eine solche klar gewordene Flüssigkeit wiederum in das Zimmer bringt und sie an das Fenster stellt, so steigt vom Gummigutt eine Wolke auf, die sich höher und höher erhebt und sich endlich durch die ganze Flüssigkeit verbreitet. Ja diese Wolke durchdringt sogar vermöge der kleinen Strömchen eine poröse Scheidewand. Wenn man in eine solche Flüssigkeit einen Glascylinder hängt, den man unten mit Papier geschlossen hat, und in dem sich Wasser befindet, so geht Gummigutt durch das Papier und steigt in dem

Cylinder in Gestalt einer gelblichen Wolke auf, indem durch die Strömungen, welche in der Flüssigkeit entstehen, die Theilchen des Gummigutt mitgerissen werden.

Da man nun ganz ähnliche Körnchenbewegungen, Bewegungen mit demselben Typus auch in lebenden Zellen, z. B. in den Speichelkörperchen beobachtet, so hat man auch diese Bewegung von Körnern mit dem Namen der Molekularbewegung bezeichnet, und man scheint in der That dabei stillschweigend angenommen zu haben, dass beide Arten von Bewegungen wesentlich dieselben seien und von derselben Ursache herrühren. Man kann dies jedoch nicht mit Sicherheit behaupten. Allerdings ist wohl kein Zweifel, dass auch die Molekularbewegung in den Zellen in mit Flüssigkeit gefüllten Räumen stattfindet. Wenn man ein farbloses Blutkörperchen, ein Eiterkörperchen frisch und lebenskräftig unter das Mikroskop bringt, so streckt es Fortsätze aus und zieht sie wieder ein, aber die Körnchen bewegen sich in der Regel nicht darin mit dem Typus der Molekularbewegung, sondern sie folgen passiv den Bewegungen, welche das Protoplasma macht. Wenn man nun aber zu der umgebenden Flüssigkeit etwas Wasser hinzusetzt, so dass die Zellen aufquellen, wodurch natürlich etwaige Räume in denselben sich mit Wasser füllen und dadurch grösser werden müssen, so sieht man die Körnchen innerhalb der Zellen in ganz ähnlicher Weise wie in den Speichelkörperchen sich mit einer zitternden Bewegung umherbewegen. Man kann aber nicht den Beweis führen, dass die Zelle als solche und die Lebenseigenschaften der Zelle auf diese Bewegung gar keinen Einfluss haben; denn wenn die Zelle abstirbt, oder wenn man sie durch die Schläge eines Magnetelectromotors tödtet, so hört die Körnchenbewegung darin auf. Allerdings kann man dies damit in Zusammenhang bringen, dass mit dem Absterben der Zelle auch ein Gerinnungsprocess in derselben eintritt, so dass die Körnchen durch die gerinnenden Massen fixirt werden, in ähnlicher Weise, wie im gerinnenden Blute, durch das sich ausscheidende Fibrin die Blutkörperchen fixirt werden. Bei andern Zellen aber, bei gewissen Pflanzenzellen kann man mit Bestimmtheit nachweisen, dass in der That die Lebenseigenschaften der Zelle einen Einfluss auf die Körnchenbewegung haben. Ich erinnere Sie an das Brennhaar von Urtica urens, von dem wir schon früher gesprochen haben, und welches aus einer einzigen grossen Zelle besteht, in welcher das Protoplasma in Gestalt des sogenannten Primordialschlauches ringsum an der durchsichtigen Wand gelagert ist und in der Mitte einen grossen mit Intracellularflüssigkeit gefüllten Raum einschliesst. In diesem Protoplasma des Brennhaares bewegen sich Körnchen nicht etwa blos mit zitternder Bewegung, wie in den Speichelkörperchen, sondern sie circuliren in regelmässigem Strome. Dabei laufen wellenförmige Contractionen an diesem Protoplasma ab, man sieht eine Contractionswelle vorrücken, manchmal wieder verstreichen, manchmal sieht man auch das Protoplasma wieder in der entgegengesetzten Richtung zurückgehen. Wenn man die Schläge eines Magnetelectromotors hindurchleitet, so sieht man statt diesen typisch ablaufenden Wellen plötzlich kolbenartige Fortsätze, die aus dem Protoplasma herausfahren; sie werden in die intracelluläre Flüssigkeit hinein vorgestreckt, und zugleich hört die Körnchenbewegung auf. Hier ist das Aufhören der Körnchenbewegung sicher nicht die Folge eines

Gerinnungsprocesses; denn wenn die Schläge nicht zu stark sind, so tritt nach dem Aussetzen derselben der frühere Zustand wieder ein, die kolbenartigen Fortsätze werden wieder eingezogen, die gewöhnlichen wellenförmigen Bewegungen im Protoplasma fangen wieder an, und zugleich sieht man den Strom der Körnchen wieder ruhig in dem Protoplasma fortgehen.

Pflanzenbewegungen.

Wenn wir die Bewegungen des Protoplasmas der einzelnen Pflanzenzellen und der einzelnen thierischen Zellen mit einander vergleichen, so finden wir grosse Aehnlichkeit zwischen denselben. Man hat aber nicht allein diese Pflanzenbewegungen mit thierischen Bewegungen verglichen, sondern man hat auch die Bewegungen ganzer Pflanzentheile, z. B. die Bewegungen der sogenannten Fliegenfalle, dann die Bewegungen von Desmodium gyrans und vor Allem die Bewegungen der Sinnpflanze, der Mimosa pudica, mit den thierischen Bewegungen verglichen. Um in dieser Beziehung Irrthümern vorzubeugen, muss ich auf die Bewegungen der Sinnpflanze, die einzigen, die gründlicher untersucht worden sind, hier näher eingehen. Vom Stamme der Sinnpflanze und ihren Aesten gehen gerade verlaufende Blattstiele aus, von denen jeder vier Blattstiele zweiter Ordnung trägt, an denen wiederum die Blättchen aufgereiht sind (Fig. 48—50). Am Tage sind die Blattstiele gehoben und die Blattstiele zweiter Ordnung auseinandergebreitet, wie wenn man die Finger einer Hand spreizt: die Blättchen sind auseinandergelegt, so dass sie mit ihren Flächen eine Ebene bilden. Wenn aber der Abend kommt, so senken sich die Blattstiele nach abwärts, die Blattstiele zweiter Ordnung legen sich aneinander, wie wenn man die Finger einer Hand durch Adduction an den Mittelfinger aneinander legt, und die Blättchen selbst richten sich auf, so dass sie mit den Seiten, die am Tage die oberen sind, einander berühren. In diese Nachtstellung kann man nun auch am Tage ein einzelnes Blatt und auch alle Blätter überführen, alle Blätter, wenn man die Pflanze gewaltsam erschüttert, ein einzelnes, wenn man von unten her an die Stelle rührt, wo der Blattstiel sich an den Stamm ansetzt. Hier befindet sich ein cylindrisches Gebilde, der sogenannte Gelenkwulst. Morphologisch erscheint er zunächst als eine stärkere Entwicklung der grünen Rindenschichte. Man kann ihn an seiner oberen Seite berühren, man kann ihn hier sogar leicht reiben, ohne dass das Blatt eine Veränderung erleidet; wenn man ihn aber von unten her anrührt, so sinkt das Blatt in die Nachtstellung herunter. Aehnliche Gelenkwülste, wie sie am Hauptblattstiele vorhanden sind, befinden sich auch an den Blattstielen zweiter Ordnung und endlich auch an den Stielen der einzelnen Blättchen, und wie die Bewegung des Hauptblattstieles hervorgerufen wird durch seinen Gelenkwulst, so wird auch die Bewegung der Blattstiele zweiter und dritter Ordnung hervorgerufen durch ihre Gelenkwülste.

Es fragt sich nun, auf welche Weise kommt dieses Herunterfallen des Blattes in die Nachtstellung zu Stande, und worauf beruht die sogenannte Reizbarkeit der Mimosa pudica? Es ist nach dem, was ich über die Gelenkwülste der Mimose gesagt habe, klar, dass sie die Blatt-

stiele in ihrer Stellung erhalten, und dass von ihnen die Bewegungen ausgehen. Wenn man ein solches Gelenkstück näher untersucht, so findet man in der Mitte das Gefässbündel und zwischen demselben und der äusseren grünen Rinde eine Schicht von sehr succulenten Zellen, die auf der oberen, auf der unempfindlichen Seite des Gelenkwulstes verhältnissmässig dickwandig, auf der unteren Seite verhältnissmässig dünnwandig sind. Wenn man einen solchen Gelenkwulst quer durchschneidet, so zieht sich auf beiden Seiten ein Trichter ein. Es ist schon a priori sehr unwahrscheinlich, dass dies von einer Contraction des Gefässbündels herrühre, denn wie sollte ein solches Gefässbündel sich contrahiren können? Es ist viel wahrscheinlicher, dass vom Hause aus eine Spannung stattfindet zwischen den succulenten Zellen des Gelenkwulstes und dem Gefässbündel; so dass also, wenn man durchschneidet, der zellige Theil sich in der Richtung der Längsaxe auszudehnen sucht, während das Gefässbündel sich nicht über seine frühere Länge verlängern kann. Dass dem wirklich so sei, davon kann man sich leicht überzeugen. Man schneidet das mittlere Stück des Gelenkwulstes aus. Fig. 46 zeige den Querschnitt des Gelenkwulstes vergrössert, *o* sei das in der Axe liegende Gefässbündel. Die geführten Schnitte seien *a c* und *b d*, so dass das Mittelstück *a b d c* isolirt wird. Dasselbe hat dann von der Fläche gesehen die Gestalt Fig. 47, weil sich der zellige Theil vorgedrängt und so an beiden Enden einen Trichter gebildet hatte. Nun schneidet man das Stück durch die Schnitte *m n* und *o p* (Fig. 47) an beiden Seiten rechtwinklig ab, so dass man jetzt ein rechteckiges Stück *m n p b* hat, in welchem sich in der Mitte das Gefässbündel und zu beiden Seiten die Wulststücke befinden. Jetzt spaltet man das Ganze der Länge nach, so bekommt man zwei Stücke, welche sich sofort bogenförmig krümmen, so dass entweder die äussere epidermoidale Seite länger, oder die Seite des Gefässbündels kürzer geworden sein muss. Was von beiden stattgefunden hat, kann man leicht ermitteln, wenn man vorher die Länge des Gefässbündels gemessen hat und nun an beiden Seiten der Stücke die Grösse der Sehnen und der Sinus versus misst, und auf diese Weise die Länge der Bögen berechnet. Man findet dann, dass das Gefässbündel seine Länge behalten, dass aber die epidermoidale Seite des Stückes sich ausgedehnt hat. In der lebenden Pflanze befindet sich also der Gelenkwulst in einer steten Spannung gegenüber dem Gefässbündel, welches in der Axe liegt. Es ist als ob man durch ein durchbohrtes Kautschukstück einen unausdehnsamen Draht hindurchgezogen und nun mittelst einer Schraubenmutter an dem Ende des Kautschukstückes dasselbe zusammengepresst hätte, wie man die Kautschukstöpsel auf Bier- und Weinflaschen zusammenschraubt, um ihnen einen besseren Verschluss zu geben. Wenn also ein Blattstiel seine Lage verändert, so kann dies geschehen, indem die Spannung in der oberen Wulsthälfte stärker wird, oder dadurch, dass die Spannung in der unteren schwächer wird, oder endlich dadurch, dass beides zugleich geschieht.

Fig. 46.

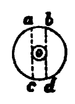
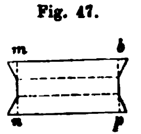


Fig. 47.



Wir wollen zuerst untersuchen, ob bei der Reizung das Gelenk schlaffer oder straffer wird. Das kann man auf folgende Weise ermitteln.

Denken Sie sich Fig. 48 *a b* sei der Stamm einer Mimose, die in einem Gartentopfe steht, *c d* sei ein Blattstiel und *c e*, *c m*, *c n*, *c o* seien die

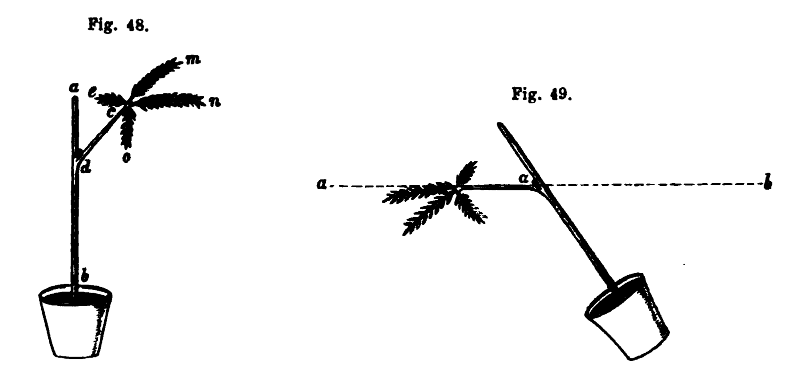


Fig. 48.

Fig. 49.

Blätter, welche sich daran befinden; so kann ich der Mimose eine solche Lage geben, dass der Blattstiel, an dem ich untersuchen will, horizontal steht. (Siehe Fig. 49.) Zu diesem Zwecke spanne ich im Zimmer horizontal einen Faden (*a b* Fig. 49) aus und neige den Topf, den ich in der Hand halte, so lange, bis der Blattstiel genau horizontal steht. Dann messe ich den Winkel α, welchen er mit dem Stamme macht. Hierauf kehre ich die Pflanze um, verändere ihre Neigung so lange, bis derselbe Blattstiel wiederum horizontal

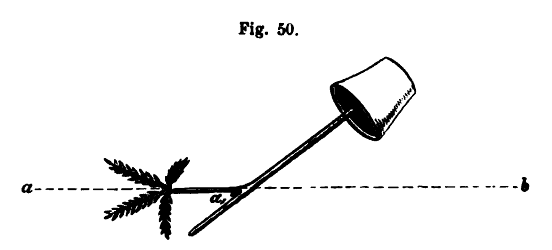


Fig. 50.

steht (siehe Fig. 50) und messe den Winkel $\alpha_{,}$, den derselbe nun mit dem Stamme macht. Das erste Mal hatte die Schwere des Blattes dahin gewirkt, den Winkel α zu vergrössern, das zweite Mal wirkte sie dahin, den Winkel $\alpha_{,}$ zu verkleinern. Der Unterschied dieser beiden Winkel wird also um so grösser sein, je schlaffer das Gelenk ist, und wird um so kleiner sein, je straffer das Gelenk. Den Unterschied $\alpha - \alpha_{,}$ notire ich. Jetzt reize ich an der unteren Seite des Wulstes, indem ich ihn mit einem Bleistift oder einer Sonde berühre. Sogleich fällt das Blatt in seine Nachtstellung. Ich neige jetzt den Topf, bis der Blattstiel horizontal ist, und messe den Winkel, den ich jetzt $\alpha_{,,}$ nennen will; dann kehre ich den Topf um, wie in Fig. 50, und messe wieder den Winkel, den ich nun $\alpha_{,,,}$ nennen will. Ich finde dann, dass $\alpha_{,,} - \alpha_{,,,}$ mehrmals so gross ist als die Differenz $\alpha - \alpha_{,}$ und dass mithin das Gelenk entschieden schlaffer geworden ist. Das Blatt fällt also in die Nachtstellung herunter, weil das Gelenk in seiner unteren Hälfte erschlafft ist. Dass es zunächst in seiner unteren Hälfte erschlafft ist und nicht in allen Theilen gleichmässig, das kann man daran sehen, dass der Stiel nicht ganz wieder in die Tagstellung übergeht, wenn man den Topf umkehrt, so dass das Blatt mit seiner Schwere zu Gunsten dieser wirkt.

Wie kommt diese Erschlaffung zu Stande? Wenn man die untere Seite des Wulstes beobachtet vor der Reizung und nach derselben, so sieht man, dass sich ein auffallender Farbenwechsel vollzieht. Die untere Wulstseite ist vor der Reizung hellgrün, nach der Reizung dunkelgrün. Wir haben gar keinen Anhaltspunkt dafür, anzunehmen, dass das Chlorophyll seine Farbe plötzlich verändern könne, wir können also diesen Unterschied nur herleiten davon, dass einmal Luft in den Intercellularräumen, welche hier namentlich gegen die Axe hin sehr stark entwickelt sind, enthalten sei, und das andere Mal Flüssigkeit. Das ist eine uns bekannte, häufige Ursache der verschiedenen Färbung verschiedener Pflanzentheile. Wir wissen, dass, wo sich grosse mit Luft gefüllte Intercellularräume finden, die Farbe relativ hell ist, weil beim Uebergange des Lichtes aus den festen und flüssigen Theilen in luftförmige und umgekehrt viel Licht reflectirt wird: dass dagegen da, wo solche Lufträume nicht vorkommen, wo die Zellen entweder unmittelbar an einander gefügt, oder die Zwischenräume zwischen ihnen mit Flüssigkeit gefüllt sind, die Farbe relativ dunkel ist, weil dann die Reflexionen weniger wirksam sind. Wo kommt aber die Flüssigkeit her, welche sich in die Intercellularräume hineindrängt? Sie kann nicht gut anderswo als aus den Zellen herkommen, und mit ihrem Uebertritte in die Intercellularräume muss eine Erschlaffung des Gelenkwulstes zusammenhängen; denn es ist klar, dass, wenn erst die ganze Flüssigkeit sich in den Zellen befindet und in den Intercellularräumen Luft, die Zellen dann praller gefüllt sein mussten, als sie es sind, nachdem sie so viel Flüssigkeit abgegeben haben, dass sie die ganzen Intercellularräume damit anfüllten. Was kann aber die Ursache sein, dass die Flüssigkeit aus den Zellen in die Intercellularräume übergeht? Ich kann den Uebertritt local bewirkt haben dadurch, dass ich an die untere Wulstseite angerührt habe: denn hier befinden sich succulente Zellen unmittelbar unter der Oberfläche, die, wenn sie einen Druck erleiden, einen Theil ihrer Flüssigkeit in die Intercellularräume abgeben müssen. Die Flüssigkeit aber, welche in die Intercellularräume eintrat, konnte bewirken, dass auch alle übrigen Zellen einen Theil ihrer Flüssigkeit abgaben und zwar aus folgendem Grunde. Denken Sie sich eine Röhre unten mit einer porösen Scheidewand geschlossen; denken Sie sich ferner in dieselbe Wasser gegossen, so können Sie den Druck desselben bis zu einer beträchtlichen Höhe treiben, ohne dass es durch den porösen Verschluss hindurchgeht, so lange sich unter demselben Luft befindet. Wenn Sie aber dann das untere Ende der Röhre mit seinem Verschlusse in ein Gefäss mit Wasser stellen, so beginnt die Filtration in Folge der Druckdifferenz zwischen dem Wasser innerhalb der Röhre und dem ausserhalb der Röhre. Ganz dasselbe muss mit dem Zelleninhalte stattfinden. So lange in den Intercellularräumen Luft ist, tritt die Flüssigkeit aus den Zellen relativ schwer in die Intercellularräume, und es kann deshalb in ersteren eine ziemlich hohe Spannung erreicht werden: wenn aber einmal die Aussenwände benetzt sind, so tritt die Flüssigkeit relativ leicht in die Intercellularräume hinein, so dass, wenn ein Saftaustritt an irgend einer Stelle des Wulstes erfolgt, sich der Process wie ein Lauffeuer durch den ganzen Wulst verbreitet.

Wir haben also gesehen, dass die Bewegung der Mimose auf mechanischen Reiz eine Turgescenzerscheinung ist, welche mit den thierischen Bewegungen nichts gemein hat. Man hat Bewegungen der Mimose auch eintreten gesehen auf electrische Schläge, man hat gesehen, dass wenn man electrische Schläge durchgeleitet, die Blätter in ihre Nachtstellung übergegangen sind, und das hat wiederum Manche veranlasst, an einen unmittelbaren Zusammenhang mit der Muskelbewegung zu denken. Auch das erklärt sich auf ganz andere Weise, weil wir ja gesehen haben, dass das Protoplasma der Pflanzenzellen durch electrische Schläge erregt wird, ja dass es sogar durch electrische Schläge zu Grunde gerichtet, getödtet werden kann. Es ist also sehr leicht möglich, dass durch die Einwirkung der electrischen Schläge auf das Protoplasma ein ganz ähnlicher Erfolg erzielt wird, wie durch das Berühren der unteren Wulsthälfte.

Bis jetzt haben wir uns nur beschäftigt mit den Bewegungen, welche auf Reize eintreten. Sie treten natürlich in gleicher Weise ein, wenn man die ganze Pflanze erschüttert. Wenn man ihr einen Stoss gibt, dann macht die so erzeugte Bewegung in den Gelenkwülsten dasselbe, was ich sonst local hervorgebracht habe, wenn ich mit dem Bleistifte an den Gelenkwulst rührte. Aber wie erklären sich die Tag- und Nachtstellungen? Ist die Nachtstellug wirklich identisch mit demjenigen Zustande, welcher eintritt, wenn ich die Pflanze gereizt habe? Die Antwort lautet, dass dies keineswegs der Fall sei. Ich gehe hier wiederum zu meinem alten Versuche zurück, ich untersuche nunmehr, ob in der Tagstellung oder in der Nachtstellung das Gelenk straffer oder schlaffer sei, und jetzt finde ich, dass das Gelenk in der Nachtstellung keineswegs schlaffer, sondern im Gegentheile noch etwas straffer ist als in der Tagstellung. Wir haben es hier wiederum mit einer Turgescenzerscheinung zu thun, aber mit einer Turgescenzerscheinung anderer Art, indem sich der Saft in der Pflanze im Lichte und im Dunkeln offenbar in verschiedener Weise vertheilt, so dass während des Tages die untere Wulsthälfte die stärker turgescirende ist, während umgekehrt in der Nacht die obere Wulsthälfte die stärker turgescirende wird, auf diese Weise den Blattstiel nach abwärts drückt und das ganze Blatt in die Nachtstellung überführt.

Auch am Tage gehen die Mimosen in die Nachtstellung über, wenn man sie in einen dunklen Kasten einsperrt. Man kann sie auf diese Weise auch während des Tages in ihrer Nachtstellung erhalten, aber sie überschlafen sich dabei gewissermassen. Wenn man eine solche Mimose am Abende, wenn die am Fenster stehenden ihre Blätter schliessen, aus dem Kasten nimmt und ans Fenster stellt, dann thut sie sich wieder auf und geht später als die übrigen in die Nachtstellung über.

Eine andere durch ihre Bewegungen interessante Pflanze ist Desmodium gyrans. Sie hat ebenfalls solche Gelenkwülste, an denen sich aber, weil sie äusserst zart sind, nicht so gut experimentiren lässt als an denen der Mimose. Wenn diese Pflanze im warmen Hause steht und von der Sonne beschienen wird, so macht sie ein eigenthümliches Spiel mit zwei Nebenblättchen, die zu jeder Seite am Blattstiele des Hauptblattes stehen. Diese beiden Blättchen gehen dann alternirend herauf und herunter. Dabei hat das Desmodium gyrans auch noch eine

andere Bewegung zwischen Tag- und Nachtstellung. Am Tage ist es gespreizt, am Abend legen sich alle Theile eng um die Axe zusammen. Auch diese Bewegungen und die der zahlreichen anderen Pflanzen, welche auffallende für das blosse Auge sichtbare Bewegungen zeigen, haben bis jetzt keinen ernstlichen Anhaltspunkt geboten, um sie mit den thierischen Bewegungen in eine Reihe zu stellen.

Sarkode, Protoplasma.

Gehen wir jetzt zu den thierischen Bewegungen über, so finden wir, dass schon früher, ehe der Begriff des Protoplasmas in der Weise ausgebildet war, wie es jetzt der Fall ist, und ehe man die Bewegungen an Zellen der höheren Thiere, z. B. die Bewegungen der farblosen Blutkörperchen, kannte, es den Beobachtern schon aufgefallen war, dass bei niedern Thieren sich ganze Organe und der ganze Leib bewegen, ohne dass sich histologisch Muskelfasern in denselben nachweisen liessen. Sie bemerkten, dass hier die Contractionsrichtung überhaupt nicht in einer bestimmten Weise wie bei den Muskeln vorgezeichnet war, sondern dass sie sich fortwährend änderte. Solche sich in verschiedener Form zusammenziehende Massen bezeichnete man mit dem Namen der Sarkode, von σαρξ das Fleisch. Die Sarkode ist in ihren physiologischen Eigenschaften namentlich von Kühne an den Amöben und an den Fortsätzen, welche andere Rhizopoden ausstrecken, untersucht worden, und es hat sich als wesentlicher Unterschied von der Muskelsubstanz gezeigt: erstens, dass die Sarkode nicht so leicht durch Rhodankalium vergiftbar ist, wie die Muskeln, zweitens, dass die Sarkode nicht so leicht zu Grunde geht in 1% Chlorwasserstoffsäure, wie dies bei den Muskelfasern der Fall ist, endlich dass sie bei einer Temperatur von 35° schon erstarrt, schon abstirbt, in den sogenannten todtenstarren Zustand übergeht, von dem wir später bei den Muskeln sprechen werden. Das letztere gilt aber nur für die Amöben; auf das Protoplasma im Allgemeinen und speciell auf das der warmblütigen Thiere können wir es natürlich nicht übertragen, weil wir wissen, dass dasselbe im menschlichen Körper und im Körper der warmblütigen Thiere bei einer Temperatur von 38°, ja sogar von 40 und einigen Graden seine vollen Lebenseigenschaften hat.

Wir haben bis jetzt die Bewegungen des Protoplasmas nur an einzelnen Zellen und zwar mit Hilfe des Mikroskopes kennen gelernt; das Protoplasma gibt aber auch zu Erscheinungen Veranlassung, welche man mit blossem Auge verfolgen kann. Es ist bekannt, dass eine Reihe von Amphibien und Fischen ihre Farbe verändern, es ist bekannt, dass die Frösche bald mehr dunkelfarbig sind, bald mehr hellfarbig. Das rührt daher, dass sich in ihrer Haut Pigmentzellen befinden, welche Fortsätze ausstrecken können und diese Fortsätze wieder einziehen. Das Pigment bewegt sich hier mit dem Protoplasma, so dass also, wenn die Protoplasmafortsätze ausgestreckt sind, das in dem Zellenleibe abgelagerte Pigment auf einen grösseren Raum vertheilt wird und die Thiere dunkler werden, während umgekehrt, wenn die Fortsätze eingezogen werden, die Thiere heller werden. Man kann das sehr gut an Rana temporaria beobachten; wenn man die Schwimmhaut derselben unter dem Mikroskope aufspannt, so ist sie anfangs ganz mit schwarzen Linien bedeckt; wenn

sie aber einige Zeit ausgespannt ist, so ist alles Pigment in kleine Klümpchen gesammelt. Auch der Laubfrosch hat einen sehr auffallenden Farbenwechsel, indem er das eine Mal schön lichtgrün ist, während er das andere Mal braungrün, olivenfarben, fast schwärzlich ist. An Fischen hat man auch mehrfach Farbenwechsel beobachtet, und namentlich sind in neuerer Zeit in Frankreich an den Steinbutten Untersuchungen über denselben angestellt worden. Dasjenige Thier aber, welches durch seinen Farbenwechsel die meiste Aufmerksamkeit auf sich gezogen hat, und welches auch am meisten untersucht worden ist, ist das Chamäleon, und mit diesem wollen wir uns jetzt näher beschäftigen, weil die Bewegungen des Protoplasmas und deren Abhängigkeit vom Centralnervensysteme für uns eine nicht unbedeutende Tragweite haben.

Es ist gesagt worden, das Chamäleon könne alle verschiedenen Farben annehmen. Das ist einfach nicht wahr. Es ist ferner gesagt worden, das Chamäleon könne die Farben der Gegenstände annehmen, auf welchen es sich befindet, oder unter welchen es sich befindet, und es benütze dies Vermögen, um sich den Blicken seiner Feinde zu entziehen. Das ist wiederum nicht wahr. Das Chamäleon hat zweierlei Farben: zunächst Schillerfarben, welche herrühren von dem eigenthümlichen Baue seiner Epidermis. Es hat in seinen Epidermiszellen eine Schicht, welche in der Weise austrocknet, dass in der Mitte ein ganz dünner Luftraum entsteht. Dieser Luftraum gibt zu zwei nahe aufeinander folgenden Reflexionen Veranlassung, die Strahlen, welche doppelt reflectirt werden, interferiren und geben eine Schillerfarbe. Die Schillerfarben können blau, grün, roth sein, je nach der Incidenz des Lichtes. Von diesen Schillerfarben sieht man für gewöhnlich nichts. Man sieht sie nur, wenn die Thiere in der Sonne sitzen; dann sind sie erstens an und für sich möglichst stark, und zweitens ist das Thier in der Sonne dunkel, fast schwarz, so dass sie nun auf dem dunklen Grunde besser zu sehen sind, als auf der farbigen Körperoberfläche, welche das Thier sonst zeigt. Ausser diesem Schwarz, welches das Thier in der Sonne annimmt, kann dasselbe weiss und gelb erscheinen, je nach der Körperstelle und je nach dem Individuum, indem nicht alle von gleicher Grundfarbe sind. Weiter kann es als Farben zeigen Blau, Grün, Grau und Braun. Das Auffälligste ist dabei, dass es die Zeichnung seines Körpers ändert, bald gestreift ist, bald gesprenkelt, bald einfarbig. Dabei kehren aber, wenn es bunt wird, nicht immer andere Muster wieder, es hat davon nur eine bestimmte Auswahl, über welche es disponirt. Die Art und Weise, wie die dunkleren Farben zum Vorscheine kommen, ist folgende. In der Cutis befindet sich ein stark lichtbrechendes helles Pigment, welches je nach dem Orte der Körperoberfläche und je nach dem Individuum weiss oder gelb ist. Unter diesem Pigmente, in einer tieferen Schichte der Cutis liegen dunkelbraun bis schwarz gefärbte Pigmentzellen, und diese haben Fortsätze, welche die weisse Schicht durchbohren, sich bis an die Oberfläche erstrecken und hier ein sehr dicht gezogenes Netz bilden, so dass, wenn diese Zellen ihre Fortsätze an die Oberfläche vorgeschoben haben, von dem weissen, beziehungsweise von dem gelben Pigmente nichts zu sehen ist, vielmehr das Thier schwarz erscheint. Wenn dagegen die Fortsätze ganz in die Tiefe gezogen sind, so erscheint das Thier an seinen verschiedenen Körpertheilen

weiss, beziehungsweise gelb, indem jetzt die dunklen Pigmentzellen ganz von dem hellfarbigen Pigmente bedeckt sind. Denken Sie sich, Fig. 51 stelle einen Durchschnitt durch einen der kleinen Höcker in der Chamäleonshaut vor, während die Pigmentzellen alle ihre Fortsätze eingezogen haben, so können sie dieselben vorstrecken bis an die Oberfläche, und es wird dann ein Bild erzeugt, wie es Fig. 52 darstellt. Sie können sie aber auch theilweise vorstrecken, so dass einzelne Pigmentzellen noch ganz in der Tiefe liegen, während die Fortsätze anderer bis an die Oberfläche reichen, und wenn dies am ganzen Körper in kleinen Abständen geschieht, wird das Thier mehr oder weniger schmutzigbraungrau erscheinen, indem dann kleine helle Flecken mit kleinen dunkeln abwechseln. Geschieht es gruppenweise, so wird dadurch eine Zeichnung hervorgebracht, strecken die Zellen an einzelnen Stellen ihre Fortsätze aus, so entstehen dadurch Stippchen, thun sie es in bestimmten Zonen, so entstehen Bänder.

Fig. 51.

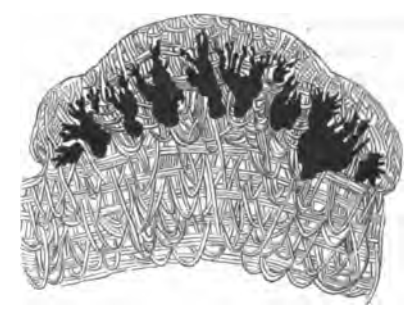
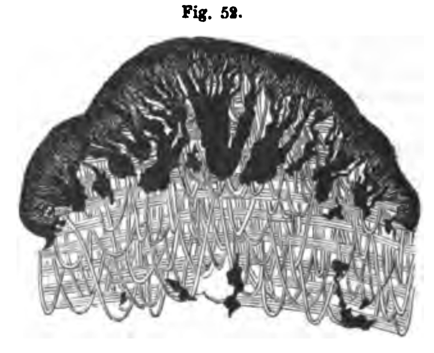


Fig. 52.



Nun ist es aber auch möglich, dass die Zellen zwar ihre Fortsätze ausstrecken, dass sie sie aber nicht bis ganz an die Oberfläche ausstrecken, so dass eine dünne Schicht von lichtem Pigment über dem dunkeln Pigmente zu liegen kommt, und solche Stellen erscheinen, wenn das helle Pigment weiss ist, blau, wenn es gelb ist, grün. Fragen wir uns zuerst: Weshalb werden diese Stellen, wenn das Pigment weiss ist, blau? Es haben bekanntlich schon Aristoteles und Leonardo da Vinci darauf aufmerksam gemacht, dass wenn ein sogenanntes trübes, das heisst ein halbdurchsichtiges, ein durchscheinendes Medium vor einer Lichtquelle liegt, es diese Lichtquelle je nach seiner Dicke gelb oder roth macht. Sie wussten, dass die rothe Farbe der untergehenden Sonne herrührt von der Absorption, welche das Licht in den Dünsten der Atmosphäre erleidet. Andererseits hat schon Leonardo da Vinci die blaue Farbe entfernter Berge daraus erklärt, dass die Luft sich als trübendes Medium zwischen uns und den Bergen befindet, und ebenso ist daraus die Bläue des Himmels erklärt worden. Goethe hat bekanntlich hierauf eine ganze Farbenlehre aufgebaut. Er suchte nachzuweisen, dass die Farbenlehre der Physiker, als welche er damals noch die Newton'sche Farbenlehre ansah, ein Convolut von Irrthümern sei, und wollte an ihre Stelle eine Lehre setzen, in der er behauptete, die Farben entstünden aus Hell und Dunkel, und zwar entstünden das Roth und

Gelb dadurch, dass das Dunkle sich über das Helle schiebe, während das Blau dadurch entstünde, dass sich das Helle über das Dunkle schiebe. Obgleich nun von dieser Farbenlehre als solcher theoretisch nichts übrig geblieben ist, so dienten ihr doch eine Reihe von Versuchen und Wahrnehmungen zur Stütze, die sich in ihrem vollen Umfange bestätigt haben: Z. B. dass das blaue Auge kein blaues Pigment hat, sondern dass das Blau des Auges nur davon herrührt, dass die durchscheinende Iris vor einer dunkelpigmentirten Grundlage liegt; dass die Venen nur deshalb blau durch die Haut durchscheinen, weil sie selbst dunkel sind durch das Blut, welches in ihnen fliesst, und andererseits die durchscheinende Cutis und Epidermis über sie hinweggeht. Auch war es Goethe schon bekannt, dass die blauen Flecken, welche auf alten Oelgemälden entstehen, nur davon herrühren, dass der Firniss ihrer Oberfläche sich trübt, und dass in Folge davon über einem dunklen Grunde ein getrübtes Medium gelagert ist. Physikalisch erklären sich diese Dinge einfach nach der Undulationstheorie. Zahlreiche Reflexionen unter verschiedenen Einfallswinkeln, wie sie an den trübenden Theilchen trüber Medien vorkommen, machen an und für sich, dass mehr kurzwellige Strahlen zurückkommen und mehr langwellige durchgehen, und das Blau ist bekanntlich aus den kurzwelligen, das Roth und Gelb aus den langwelligen Strahlen des Spectrums gebildet. Die grössere Schwächung der langwelligen Strahlen ist eine unmittelbare Consequenz aus der Formel, welche die Undulationstheorie für die Intensität des zurückgeworfenen Lichtes gibt.

Hierin liegt aber nicht der einzige Grund für die blaue Farbe. Die Reflexionen, welche in trüben Medien stattfinden, finden stets statt an sehr kleinen durchsichtigen Partikeln. Nun haben wir gesehen, dass wenn zwei Reflexionen sehr bald hintereinander stattfinden, dass dann die Strahlen zur Interferenz kommen, und dass bei den kleinsten Abständen die Strahlen von der kürzesten Wellenlänge zuerst in die helle Phase gelangen. Da wir hier nur sehr kleine Abstände haben, so ist es klar, dass im reflectirten Lichte die kurzwelligen Strahlen in Folge der Interferenzen das Uebergewicht erlangen müssen. Sie wissen aber, dass das durchfallende Licht immer complementär gefärbt ist zu dem reflectirten, denn das, was reflectirt wurde, konnte nicht durchgehen, und die Summe des durchgehenden und des reflectirten Lichtes ist da, wo die Absorption im Medium nicht in Betracht kommt, gleich dem einfallenden. Es sind also die langwelligen Strahlen, welche vorzugsweise hindurchgehen, und deshalb macht ein trübes Medium vor eine Lichtquelle gesetzt diese in erster Reihe gelb und, wenn noch mehr Licht reflectirt wird, weniger hindurchgeht, roth, indem nun die langwelligen Strahlen das entschiedene Uebergewicht erlangen.

Von der Wirkung trüber Medien kann man sich sehr gut überzeugen, wenn man eine Harzlösung mit Wasser fällt. Dann scheiden sich kleine Harzpartikelchen aus und bilden eben so viele trübende Theilchen. Sieht man durch eine dünne Schicht davon auf dunklen Grund, so erscheint sie blau, wenn man aber dieselbe Schicht vor eine Lichtquelle setzt, so wird die Farbe der letzteren gelb, und wenn man die Schicht verdickt, so erscheint die Lichtquelle bei zunehmender Verdickung immer mehr roth.

Die Bedingungen für das Erscheinen von Farben trüber Medien sind nun auch in der Haut des Chamäleons gegeben. Hier liegt das dunkle

Pigment in der Tiefe, und darüber liegt eine dünne Schicht weissen Pigments. In Folge davon ist das Thier da, wo die weisse Schicht dünn genug wird, um durchscheinend zu sein, blau. Wenn nun aber an der betreffenden Stelle das Pigment nicht weiss, sondern gelb ist, so wird das blaue Licht offenbar in Grün umgeändert werden, und daher die schöne grüne Farbe, welche Chamäleone zu manchen Zeiten auf dem grössten Theile ihrer Körperoberfläche zeigen.

Im hohen Grade lehrreich und interessant ist es nun, zu sehen, wie die Bewegung der Zellen vom Centralnervensysteme abhängt. Wenn ein solches Thier mit Strychnin vergiftet wird, so wird es am ganzen Körper hellfarbig. Wenn es krank wird, wird es fleckig, wenn man ihm einen Schnitt längs des Rückens macht, so dass man einen Theil der Hautnerven durchschneidet, so bekommt es einen schwarzen Fleck und von diesem ausgehend dendritische Zeichnungen in schwarzer Farbe. Nachdem man eine Reihe von Hautnerven durchschnitt, haben die Zellen, zu denen diese Hautnerven gingen, ihre Fortsätze nicht mehr einziehen können, und darum ist der betreffende Theil der Haut schwarz. Man sieht hieraus, dass der Zustand, in dem die Zellen ihre Fortsätze ausgestreckt haben, der passive, der Zustand der Ruhe ist, und dass der Zustand, bei dem die Zellen ihre Fortsätze eingezogen haben, der active Zustand, der Zustand der Erregung ist. Das bestätigt auch die Vergiftung mit Strychnin, indem das Thier im Tetanus am ganzen Körper hellfarbig wird; das bestätigt auch das Einreiben von Terpentinöl auf die Haut, weil eine Stelle der Haut, welche man mit Terpentinöl einreibt, und ebenso Stellen, durch welche man die Schläge eines Magnetelectromotors durchgehen lässt, hellfarbig werden. Daraus geht aber weiter die merkwürdige Thatsache hervor, dass auf die Haut der Thiere die Dunkelheit als ein Reiz wirkt, und dass die Tageshelle, beziehungsweise sogar der Sonnenschein, die Pigmentzellen in den passiven Zustand versetzt; denn, wenn man die Thiere in die Sonne bringt, so werden sie schwarz, wenn man sie ins Dunkle bringt, werden sie blass. Die Wirkung, welche vom Lichte auf die Haut ausgeübt wird, ist eine locale, denn, wenn man ein Band von Stanniol um ein solches Thier legt und es in die Sonne setzt, so findet man, während der übrige Körper schwarz erscheint, unter dem Stanniol einen hellen Streifen. Es ist dies ferner eine Wirkung des Lichtes, nicht der Wärme als solcher; denn, wenn man das Thier der dunklen Strahlung eines stark geheizten Ofens aussetzt, bleibt es, wenn es nicht von Licht getroffen wird, hellfarbig. Abgesehen von Licht und Dunkelheit sind es namentlich psychische Erregungen, welche auf den Farbenwechsel der Thiere einwirken. Wenn sie in der Ruhe ziemlich gleichmässig gefärbt gewesen sind, so treten in kurzer Zeit verschiedene Zeichnungen auf ihnen hervor, wenn sie entweder mit Begierde dem Futter nachgehen, oder wenn sie unter einander zu streiten anfangen, wenn sie geängstigt werden u. s. w. Man hat ganz mit Unrecht das Chamäleon als das Sinnbild der Falschheit und des wetterwendischen Wesens hingestellt, es ist im Gegentheile ein sehr aufrichtiges Thier, indem sich alle seine Gemüthsbewegungen nicht sowohl in seinem Gesichte als vielmehr auf seiner ganzen Haut abmalen. Wenn die Thiere krank sind, werden sie, wie gesagt, fleckig und sie sind vor dem Sterben meist hell gefärbt, aber häufig mit ausgedehnten dunklen Flecken.

Ich bin deshalb so speciell auf das Chamäleon eingegangen, weil wir hier in so deutlicher Weise die Abhängigkeit der Protoplasmabewegungen vom Centralnervensysteme zeigen können. In neuerer Zeit ist diese Abhängigkeit auch bei den Steinbutten nachgewiesen worden, indem, wenn diesen der Sympathicus durchschnitten wurde, der Theil des Körpers dunkel wurde, welcher seine Nerven rückwärts von der Schnittstelle bezog. Nach den Beobachtungen von Pouchet werden Fische, die erblinden oder geblendet werden, durch Ausbreitung der Pigmentzellen, der sogenannten Chromatophoren, dunkelfarbig. Es lässt dies vermuthen, dass hier eine Reflexwirkung vom Nervus opticus aus stattfindet, dass die Erregung des Nervus opticus eine Erregung zum Centralorgan bringt, durch welche die Chromatophoren zur Zusammenziehung bestimmt werden, so dass sie, wenn ihnen diese Anregung fehlt, dauernd einen grösseren Raum bedecken.

Wir müssen uns klar machen, dass wir hier die Bewegungen von Zellen nur deshalb so gut sehen, und dass sie beim Chamäleon nur deshalb so frühzeitig wahrgenommen worden sind, weil ein Farbenwechsel entsteht. Wir müssen uns sagen, dass, da hier die nackten Zellen, welche in der Haut liegen, vom Centralnervensysteme abhängig sind, wahrscheinlich auch noch andere nackte Zellen, welche bei uns im Bindegewebe und in den Organen vertheilt sind, unter dem Einflusse des Nervensystems stehen werden, dass wir davon nur nichts wahrnehmen, weil der Beobachtung zu grosse Schwierigkeiten entgegengesetzt sind. In der That gibt Kühne an, dass er die nackten Zellen, welche sich im Gewebe der Hornhaut befinden, und welche dort zwischen den Hornhautfasern liegen, beziehungsweise sich zwischen ihnen bewegen, von den Nerven aus zur Contraction gebracht habe, dass sie ihre Fortsätze eingezogen hätten, in ähnlicher Weise wie die Pigmentzellen eines Chamäleons ihre Fortsätze einziehen, und Sie sehen ein, dass es für die Physiologie und nicht minder für die Pathologie von hoher Wichtigkeit ist, nähere Aufschlüsse zu bekommen über die Art und Weise, wie das Centralnervensystem auf die Gewebe und die in ihnen enthaltenen Zellen einwirkt.

Flimmerbewegung.

An die Bewegungen der Sarkode und des Protoplasmas schliesst sich die Flimmerbewegung an. Man wusste schon seit längerer Zeit, dass gewisse niedere Thiere haarförmige Anhänge an ihrer Körperoberfläche haben, welche peitschenförmig in der umgebenden Flüssigkeit schlagen. Bei den Infusorien ist theils die ganze Körperoberfläche, theils ein Theil derselben mit solchen Härchen besetzt, und diese dienen hier der Locomotion, sie treiben das ganze Thierchen in der Flüssigkeit umher. Man glaubte früher, dass dies auf niedere Thiere beschränkt sei, bis Purkinje und Valentin entdeckten, dass auch bei den Wirbelthieren und auch bei den Säugethieren und beim Menschen Flimmerbewegung vorkommt. Die Flimmern oder, wie sie auch genannt werden, Cilien können an und für sich auf einem strukturlosen Mutterboden, sie können einzeln oder zu mehreren auf Zellen stehen. Bei den Wirbelthieren stehen aber alle Cilien nur auf Cylinderzellen. Alle Flimmerepithelien sind hier

Cylinderepithelien. Die Cylinderzellen selbst sind bald mehr cylindrisch, beziehungsweise prismenförmig, bald mehr becherförmig und die Flimmern, die Härchen, bedecken ihre ganze freie Oberfläche. Nach den Abbildungen, welche davon gegeben sind, sollte man manchmal glauben, dass auf jeder Zelle nur eine geringe Anzahl von Flimmern sich befinde. Das ist aber keineswegs der Fall. Die Zahl der Flimmern ist immer sehr gross, und die einzelnen Flimmerfäden sind so dünn, dass sie selbst bei den stärksten Vergrösserungen, über die wir gebieten, noch keinen mit Sicherheit messbaren Durchmesser haben.

Es wurde früher behauptet, dass sie auf der Zellenmembran aufsitzen, oder dass sie in dieselbe eingepflanzt seien. Das ist beides gleich unrichtig, denn dort, wo die Flimmern eingepflanzt sind, ist gar keine Zellenmembran vorhanden. Die Zellenmembran der Flimmerzellen ist deutlich becherförmig und oben offen, gerade so, wie die Zellenmembran der übrigen Cylinderzellen. Die Flimmern sind eingepflanzt direct in das Protoplasma, und zwar scheint der eingepflanzte Theil etwas verdickt zu sein. Es existirt auch hier keine besondere, durch ihre Brechbarkeit unterscheidbare Protoplasmaschicht, der Schein davon entsteht nur dadurch, dass die eingepflanzten Cilien anders brechen als das Protoplasma, in welches sie eingepflanzt sind.

Schon vor einer sehr langen Reihe von Jahren sagte einmal ein englischer Mikroskopiker, die Flimmern bewegten sich noch, wenn man nur den oberen Theil der Zellen abschneide, wenn man aber die Flimmern selbst abschneide, dann bewegten sie sich nicht mehr, dann blieben sie in Ruhe. Ich habe Gelegenheit gehabt, mich von der Richtigkeit der ersteren Angabe zu überzeugen. Wenn man vorsichtig mit dem Messer über die flimmernde Oberfläche hingeht, so bekommt man leicht Abschnitte von Protoplasma, welches sich nun unregelmässig zusammenzieht, und auf dessen Oberfläche sich die Flimmern nach Art eines nach allen Seiten hin auseinanderfallenden Haarschopfes zeigen und dabei noch in voller Bewegung sind. Hier kann man auch deutlich sehen, dass die Flimmerhaare nicht in eine Membran, sondern dass sie in das Protoplasma selbst eingepflanzt sind. Davon kann man sich auch noch auf andere Weise überzeugen. In den ersten Stadien des Schnupfens, wo ein reichliches, sehr flüssiges Secret abgesondert wird, findet man häufig in demselben birnförmige Körper, welche am dicken Ende mit Härchen besetzt sind, durch deren Bewegung sie im Secrete herumgetrieben werden. Wenn man sie näher ansieht, so findet man einen Kern darin und in der That sind sie nichts anderes als die Zellenleiber der Flimmerzellen, die Elementarorganismen, welche aus dem dütenförmigen Gehäuse herausgetreten und in das Secret übergegangen sind und nun durch die auf ihnen befindlichen Cilien in der Flüssigkeit umhergetrieben werden. Wir haben schon einen analogen Vorgang im Darmkanale kennen gelernt, wo wir gesehen haben, dass hier unter pathologischen Verhältnissen die Zellenleiber aus ihren becherförmigen Membranen austreten, und dass dadurch sogenannte Becherzellen, leere Becher, leere Düten, entstehen.

Die Flimmerbewegung ist vom Nervensysteme unabhängig. Es ist niemals gelungen, durch Reizung von Nerven die Flimmerbewegung zu verstärken, und auch an Zellen, welche von ihrem Mutterboden getrennt sind, ja, wie wir gesehen haben, an Fragmenten von solchen Zellen dauert

anfangs die Flimmerbewegung mit gleicher Intensität fort. Nach dem Tode aber ermattet sie früher oder später, bei Säugethieren im Allgemeinen früher, bei Amphibien im Allgemeinen später, so dass bei Fröschen und Schildkröten noch 9 Tage nach dem Tode des Individuums Flimmerbewegung beobachtet worden ist. Auch beobachtete O. **Becker** durch eine Reihe von Tagen noch Flimmerbewegung in dem Nebenhodenkanale eines Schweinehodens, welcher täglich nach der Untersuchung wieder in den Keller, also in eine niedere Temperatur, gebracht wurde. Wenn die Flimmerbewegung nachlässt und anfängt zu ermatten, so kann man deutlich die einzelnen Härchen wahrnehmen, welche man anfangs nicht deutlich in ihrer Bewegung verfolgen konnte. Man sieht dann, dass es wesentlich zweierlei Typen der Bewegung gibt. Der eine besteht darin, dass jede einzelne Flimmer sich wie eine Gerte niederbeugt, und der andere besteht darin, dass eine wellenartige Bewegung nach der Länge der Cilien abläuft. Diese letztere Art der Bewegung sieht man namentlich schön an den sehr langen Cilien im Kanale des Nebenhodens. Früher oder später nach dem Tode hört, wie gesagt, die Flimmerbewegung auf. Virchow beobachtete, dass er, wenn dieser Stillstand erst vor Kurzem eingetreten war, die Flimmern durch Zulassen einer sehr verdünnten Kalilösung noch wieder in Bewegung setzen konnte. Man hat dies so aufgefasst, als ob das Kali als Reizmittel wirke. Man kann es aber auch so auffassen, dass der Stillstand zunächst noch nicht herrührt vom Absterben der Flimmerzellen, sondern dass er herrührt von einer Verdickung des Schleimes, in dem sie sich bewegen. Fast in allen thierischen Flüssigkeiten treten nach dem Tode partielle Gerinnungen ein, durch welche ihre Consistenz vermehrt wird. Wenn nun das auch beim Schleime eintritt, so können die Flimmerhaare noch an und für sich beweglich sein, diese Beweglichkeit kommt aber nicht mehr zur Erscheinung, weil der Widerstand des umgebenden Mediums zu gross ist. Wenn nun durch eine geringe Menge von Kali der Schleim flüssiger wird, so können sich die Flimmerhaare von Neuem darin bewegen.

Durch Säuren, auch durch sehr verdünnte, wird die Flimmerbewegung aufgehoben, weil diese in der Flüssigkeit, in welcher die Haare schlagen, einen Mucinniederschlag hervorbringen; durch concentrirte können natürlich auch die Flimmerhaare selbst angegriffen, beziehungsweise zerstört werden.

Früher nahm man allgemein an, dass die Flimmerzellen nicht afficirt würden durch electrische Ströme; man hatte bei der Anwendung derselben immer ein negatives Resultat erhalten. **Kistiakowsky** hat aber durch messende Versuche in **Rollet's** Laboratorium gezeigt, dass die electrischen Ströme in der That einen beschleunigenden Einfluss auf die Flimmerbewegung ausüben. Er begnügte sich nicht damit, die Cilien in ihrer Bewegung zu beobachten, sondern brachte an einem Coconfaden einen kleinen Siegellacktropfen an und liess den Coconfaden so herab, dass der Siegellacktropfen eben mit möglichst wenig Reibung auf der flimmernden Oberfläche aufruhte. Er brachte dieses so angefertigte Pendel um ein sehr geringes aus seiner Gleichgewichtslage und beobachtete nun, wie es nach der andern Seite hin aus der Gleichgewichtslage heraus auf der flimmernden Oberfläche fortgeführt wurde. Die Zeit, welche es brauchte um auf der flimmernden Oberfläche eine bestimmte Strecke

zurückzulegen, wurde gemessen, einmal wenn nicht mit electrischen Schlägen gereizt wurde, und das andere Mal während gereizt wurde, und in der That ergaben sich die Zeiten, während welcher gereizt wurde, immer als die beträchtlich kürzeren. Einer ähnlichen Vorrichtung hat sich Engelmann bedient, um nachzuweisen, dass auch die Wärme einen beschleunigenden Einfluss auf die Flimmerbewegung ausübt.

Was sich an den Flimmern bewegt, und wie sich dieselben bewegen, wissen wir nicht genau. Die Bewegung scheint von ihnen selbst auszugehen, nicht von dem Protoplasma, denn in den Fällen, welche ich vorher erwähnt habe, und in welchen man das Protoplasma ganz unabhängig von der Zellenmembran vor sich hat, findet man dasselbe in völliger Ruhe, während die nach allen Seiten auseinander gefallenen Härchen sich lebhaft bewegen. Andererseits aber macht es oft den Eindruck, als ob die Spitzen der Härchen sich passiv bewegten. Es muss also wahrscheinlich die Bewegungsursache wesentlich in dem unteren Theile jeder einzelnen Cilie gesucht werden.

Man kann sich von der Wirkung der Flimmerbewegung nicht allein durch das Mikroskop überzeugen, sondern, wie wir gesehen haben, ist die mechanische Kraft, welche aufgebracht wird, hinreichend, um einen gehörig äquilibrirten Siegellacktropfen aus seiner Gleichgewichtslage zu bringen. Man kann sich von der Flimmerbewegung auch dadurch überzeugen, dass man auf eine flimmernde Oberfläche, z. B. auf die Rachen- oder Gaumenfläche eines Frosches, eine kleine Menge Kohlenpulver bringt. Man sieht dann, dass das Kohlenpulver durch die Flimmerbewegung fortgeschoben wird, und man kann sich deshalb sehr gut vorstellen, wie auch Schleim und andere Theilchen auf den lebenden Oberflächen durch die Flimmerbewegung fortbefördert werden. Wir haben ja gesehen, dass die Flimmerbewegung das wesentlichste Hilfsmittel ist, um den Bronchialschleim gegen die Stimmritze fortzuschaffen, so dass er ausgeräuspert werden kann, während, wenn die Flimmern fehlen, es anhaltender Hustenanfälle bedarf, um denselben zur Stimmritze herauszubefördern.

Von den Tracten der Flimmerbewegung haben wir bereits einen kennen gelernt, nämlich den im Respirationsorgane. Die Flimmerbewegung fängt hier an mit einer Linie, welche vom vorderen Rande der Nasenbeine zum vorderen Nasenstachel gezogen wird. Sie setzt sich von hier aus durch die Nasenhöhle mit Ausnahme eines gewissen Gebietes, von dem wir später sprechen werden, fort und ebenso in die Nebenhöhlen der Nasenhöhle, in die Stirnhöhlen, in die Highmorshöhle, steigt auf der Rückseite des Rachens herunter bis zur Höhe des zweiten Halswirbels, wo geschichtetes Pflasterepithel auftritt, welches von nun an den Schlund auskleidet und als eine Fortsetzung des Pflasterepithels in der Mundhöhle zu betrachten ist. Vom Rachen aus erstreckt sie sich über die Tuba Eustachii und mit inconstanten Grenzen über den grössten Theil der Trommelhöhle. Ferner fängt sie wiederum auf der Rückseite des Kehldeckels an und geht nun durch die ganze Trachea und durch das Bronchialsystem hindurch, bis in die feinsten Bronchien hinein. Im Rachen kreuzen sich also gewissermassen zwei Tracte von Epithel, erstens der Tract des geschichteten Pflasterepithels, welches von der Mundhöhle herabsteigt und in den Oesophagus geht, und zweitens der Tract des Flimmerepithels der Respirationsschleimhaut, der von der Nasenhöhle durch den

Kehlkopf in die Trachea hinabsteigt. Nur die wahren Stimmbänder haben kein Flimmer-, sondern ein Pflasterepithel. Offenbar hängt dies zusammen mit den vielfachen Insulten, welchen die Stimmbänder beim Sprechen, beim Singen, beim Husten u. s. w. ausgesetzt sind; denn das Flimmerepithelium ist viel weniger widerstandsfähig, als ein geschichtetes Pflasterepithel, wie es hier gefunden wird; wissen wir doch, dass an andern Orten secundär in Folge von Insulten, namentlich aber in Folge von Entzündung, die Flimmerepithelien verloren gehen und Pflasterepithelien sich an deren Stelle setzen.

Ein zweiter Tract von Flimmerepithel kommt im Nebenhoden vor. Er beginnt hier schon in den Ductuli efferentes. In diesen und in den Conis vasculosis finden sich kleine Flimmerzellen, ähnlich wie die auf der Respirationsschleimhaut; dann kommen aber im Anfange des Kanales des Nebenhodens sehr grosse Flimmerzellen, welche sehr lange wellenförmig schwingende Cilien haben.

Ein dritter Tract befindet sich in den weiblichen Geschlechtsorganen. Erstens befindet sich nach O. Becker, der auch das Flimmerepithel im Nebenhoden entdeckt hat, im Parovarium ebenfalls ein Flimmerepithelium, zweitens flimmert die innere Oberfläche der Tuben und die des Uterus, letztere wenigstens theilweise. Die Angaben über die Ausdehnung des Flimmerepithels im Uterus gehen noch bedeutend auseinander, indem Einige angeben, das Flimmerepithel bis zum Cervix uteri verfolgt zu haben, und Andere behaupten, sie hätten nur eine Region flimmern gesehen, welche im Fundus uteri sich von der Einmündung der einen Tuba zur Einmündung der andern herüber erstreckt. Wahrscheinlich hängt die Ausdehnung des Flimmerepithels hier nicht allein mit den verschiedenen Lebensaltern, sondern auch mit der Menstruation und mit den Perioden vor und nach der Menstruation zusammen. In neuerer Zeit hat man gefunden, dass nicht nur die innere Oberfläche des Uterus flimmert, sondern dass die Flimmern sich auch in die Drüsen des Uterus, in die sogenannten Glandulae utriculares hinein erstrecken.

Endlich gibt es einen grossen Tract von Flimmerepithel im Centralnervensysteme. Der Canalis centralis medullae spinalis, der Boden des vierten Ventrikels, der Aquaeductus Sylvii und die Höhlen des Gehirns flimmern. Dieses Flimmerepithel ist aber viel hinfälliger als das auf den Schleimhäuten, und man hat deshalb viel seltener Gelegenheit, dasselbe zu beobachten und die Bewegungen seiner Cilien zu sehen.

Das bequemste Object für die Untersuchung der Flimmerbewegung ist immer noch die Rachenschleimhaut des Frosches. Vom Menschen verschafft man sich am leichtesten Flimmerzellen, wenn man mit einer schief abgeschnittenen und an ihrem Ende umgebogenen Kielfeder in die Nasenhöhle hineingeht und ein Stückchen von dem Epithel der Schleimhaut herunterkratzt.

Muskelbewegung.

Glatte Muskelfasern.

Wir haben schon früher gesehen, dass zweierlei Arten von Muskelfasern zu unterscheiden sind, glatte und quergestreifte. Die glatten Muskelfasern, die sogenannten contractilen Faserzellen, sind im Ganzen spindelförmige, durch den gegenseitigen Druck kantig abgeplattete Gebilde, welche einen verlängerten, ellipsoidischen, manchmal stabförmigen Kern haben. Die Länge der Spindel ist sehr verschieden. Im Stamme der Aorta und in ihren grossen Aesten finden wir Zellen von unregelmässiger Gestalt, die so wenig verlängert sind, dass man sie auf den ersten Anblick eher für eine Epithelzelle, als für eine contractile Faserzelle halten könnte, und erst wenn man in den Arterien weiter geht und sie mit den Muskelfasern anderer Arterien vergleicht und alle Uebergangsstufen zwischen diesen Gebilden und jenen findet, überzeugt man sich, dass man es wirklich mit Muskelfasern zu thun habe. Andererseits findet man wiederum, z. B. im Darme, im Ureter, der Harnblase, contractile Faserzellen, die ganz ausserordentlich, ja fadenförmig verlängert sind. Die glatten Muskelfasern unterscheiden sich von den quergestreiften Muskelfasern nicht nur durch ihre Gestalt, sondern auch durch die Art, wie sie auf Reize reagiren. Während bei den quergestreiften Muskelfasern die Zusammenziehung plötzlich erfolgt, so erfolgt sie bei den glatten Muskelfasern langsam. Im Augenblicke des Reizes sieht man noch keinerlei Bewegung, man kann den Reiz aufhören lassen, dann tritt nachträglich die Contraction auf, sie dauert einige Zeit, um dann wieder zu verschwinden. Es ist dies bei den verschiedenen Muskelfasern verschieden. Die schnellste Bewegung haben die Binnenmuskeln des Auges, die Muskeln der Iris und der Tensor chorioideae, demnächst die Muskelfasern des Darmes und des Ureter, und die langsamsten Bewegungen haben die Muskeln der Blutgefässe, namentlich die Muskeln der Arterien, welche sich sehr langsam und allmälig zusammenziehen, dafür aber auch lange Zeit im contrahirten Zustande verharren können. Die Contraction selbst ist in ihren Einzelnheiten unter dem Mikroskope sehr schwer zu verfolgen, weil die glatten Muskelfasern im lebenden Zustande so wenig deutlich von einander getrennt sind, dass man sie nicht einzeln unterscheiden kann und immer nur eine ganze contractile Masse sich zusammenziehen sieht. Nach der Analogie aber, mit dem, was wir von den quergestreiften Muskelfasern wissen, müssen wir glauben, dass die Contraction darin besteht, dass jede Faserzelle zwar ihr Volum behält, aber kürzer und dabei dicker wird. Dadurch muss natürlich die ganze Masse, welche aus solchen Faserzellen besteht, sich in der Richtung der Faserzellen zusammenziehen, sich in der Richtung der Faserzellen verkürzen, in einer Ebene senkrecht auf die Richtung der Faserzellen sich verdicken, und zwar um so viel, dass das Volum dasselbe bleibt.

Aus contractilen Faserzellen bestehen alle Muskeln, die der Willkür nicht unterworfen sind mit Ausnahme des Herzens. Wir haben gesehen,

dass sie einen wesentlichen Theil des Gefässsystems ausmachen; wir haben ferner im Darmkanale zwei grosse Lager von Muskelfasern kennen gelernt, das submucöse und das subperitonäale Muskellager; wir haben im Respirationsorgane zahlreiche glatte Muskelfasern gefunden, welche sich bis zwischen die einzelnen Alveolen erstreckten; wir haben in den Ausführungsgängen der Leber und in der Gallenblase eine Muskelhaut gefunden, welche aus organischen Muskelfasern besteht. Wir kennen die starken Muskelschichten im Nierenbecken, den Ureteren und der Harnblase. Wir werden sie weiter finden in den männlichen und weiblichen Geschlechtsorganen, namentlich in sehr grosser Menge im Uterus. Organische Muskelfasern begegnen uns als das Constituens der Binnenmuskeln des Auges, wenigstens bei den Säugethieren und beim Menschen, während bei den Vögeln und beschuppten Amphibien diese Muskeln quergestreift sind. Wir werden später sehen, in wie weit wir die Binnenmuskeln des Auges als unwillkürlich, und in wie weit wir sie als der Willkür unterworfen zu betrachten haben.

Die contractilen Faserzellen begegnen uns ferner als Constituens eines Muskels in der Orbita, den wir später als Müllerischen Muskel kennen lernen werden, und welcher sich über die Fissura orbitalis inferior hinüberspannt. Wir begegnen ihnen auch an der Innenseite der Augenlider, wo Heinrich Müller Fasern aufgefunden hat, die von unten nach aufwärts und von oben nach abwärts verlaufen; wir begegnen ihnen endlich in allen behaarten Theilen der Haut in den sogenannten M. Arrectores pili, die durch ihre Zusammenziehung die Cutis anserina hervorbringen. Glatte Muskelfasern kommen überall da im menschlichen Körper vor, wo wir Contractilität haben, und wo diese nicht von quergestreiften Muskelfasern herrührt. Man sprach früher von einem contractilen Bindegewebe, aus dem man z. B. die Tunica dartos bestehen liess. Dieses contractile Bindegewebe existirt nicht; die weiteren Untersuchungen haben ergeben, dass solches contractiles Bindegewebe nichts Anderes ist als Bindegewebe, in welches organische Muskelfasern eingewebt sind, und dass die Contraction nicht von dem Bindegewebe, sondern von den in dasselbe eingewebten contractilen Faserzellen ausgeht.

Beim Menschen und den höheren Wirbelthieren sind contractile Faserzellen und quergestreifte Muskelfasern streng von einander getrennt. Bei den niederen Wirbelthieren aber und noch mehr bei den wirbellosen Thieren kommen Uebergangsstufen vor zwischen beiden: Muskelfasern, welche man früher für glatt gehalten hat, hat man in neuerer Zeit als quergestreift kennen gelernt, z. B. den Schliessmuskel der Bivalven, von dem Margo mit Hilfe starker Vergrösserungen nachgewiesen hat, dass er quergestreift ist. Solche Muskeln sind Muskeln, welche sehr feine Querstreifen haben, so dass sie erst durch die besseren optischen Hilfsmittel gesehen werden konnten. In chemischer Hinsicht scheinen die glatten Muskelfasern den quergestreiften sehr ähnlich zu sein. Wir wissen im Ganzen wenig über ihre chemische Constitution, weil alle ausgedehnteren Untersuchungen über das Fleisch an quergestreiften Muskelfasern gemacht worden sind. Auch fast alle Untersuchungen über das Wesen der Muskelcontraction, über die Arbeit, welche geleistet wird u. s. w. sind an quergestreiften Muskeln gemacht worden, und wir werden uns deshalb zunächst mit diesen beschäftigen.

Quergestreifte Muskelfasern.

Wir haben schon früher gesehen, dass die quergestreiften Muskeln bestehen aus einer röhrigen Hülle, dem sogenannten Sarkolemma, und aus einem contractilen Inhalte, und dass dieser contractile Inhalt an abgestorbenen Muskeln wiederum in zwei Richtungen zerlegt werden kann, einmal, wenn man in verdünnter Chlorwasserstoffsäure macerirt, der Quere nach in lauter Scheiben, welche man mit dem Namen der Bowman'schen Scheiben, der Bowman'schen Discs bezeichnet, und das andere Mal, wenn man in verdünntem Alkohol macerirt, der Länge nach in lauter einzelne Fäden, die Muskelfibrillen. Wenn man sich beide Spaltungen, beide Theilungen, gleichzeitig oder nach einander vorgenommen denkt, so zerfällt die Muskelfaser in lauter prismatische Stücke. Sie werden sarcous elements genannt. Diese haben wir uns also im todtenstarren Muskel durch zweierlei Substanzen mit einander verbunden zu denken, der Länge nach durch eine Substanz, welche sich bei der Maceration in sehr verdünnter Salzsäure zuerst erweicht, und der Quere nach durch eine Substanz, die bei der Maceration in verdünntem Alkohol früher zerfällt, als die vorerwähnte. Es muss indessen erwähnt werden, dass bei sehr langer Maceration im schwachen Weingeist die Fibrillen auch noch in sarcous elements zerfallen, also auch die zweite, in verdünnter Salzsäure lösliche Zwischensubstanz gelöst wird.

Diese sarcous elements sind doppeltbrechend, und von ihnen rühren auch die doppeltbrechenden Eigenschaften des Muskels her. Boeck in Christiania wies zuerst nach, dass eine Menge von thierischen und pflanzlichen Theilen doppeltbrechend sind, und unter anderem zeigte er dies auch von den Muskelfasern. Er wies dies nach mittelst des Polarisationsmikroskops, welches er auf folgende Weise construirte. Er brachte unter dem Objecttische eine Turmalinplatte an, welche also nur geradlinig polarisirtes Licht, Licht von einer bestimmten Schwingungsebene, durchliess. Ueber dem Ocular brachte er gleichfalls eine Turmalinplatte an; auch diese liess wiederum nur geradlinig polarisirtes Licht durch. Wenn also die beiden Turmalinplatten gekreuzt waren, war sein Sehfeld dunkel, wenn aber die beiden Turmalinplatten parallel waren, war sein Sehfeld hell. Wenn ein isotroper Körper, das heisst ein Körper, in welchem sich das Licht nach allen Richtungen mit gleicher Geschwindigkeit und nur mit gleicher Geschwindigkeit fortpflanzt, auf dem Objecttische, also zwischen den beiden Turmalinplatten liegt, so ist er bei gekreuzten Turmalinen, also im dunkeln Sehfelde, unsichtbar, im hellen hat er sein gewöhnliches Ansehen. Wesentlich anders verhält sich ein doppeltbrechender Körper, der auf dem Objecttische liegt.

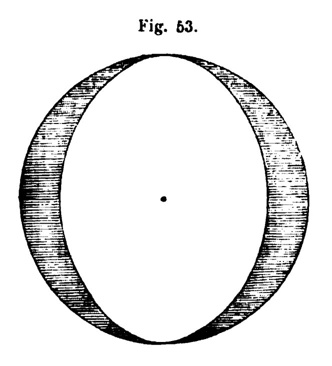
Doppeltbrechende Körper nennen wir bekanntlich solche Körper, in denen ein in dieselben eintretendes Lichtwellensystem, nicht wiederum ein Lichtwellensystem erzeugt, sondern zwei Lichtwellensysteme, von denen das eine fortgepflanzt wird nach den gewöhnlichen Brechungsgesetzen, also auch im doppeltbrechenden Körper nach allen Richtungen hin mit gleicher Geschwindigkeit, das andere aber nur in einer Richtung dieselbe Geschwindigkeit zeigt, wie das erste, welches wir als das ordinäre oder ordentliche Wellensystem bezeichnen, in allen andern

Richtungen eine andere, entweder eine grössere oder geringere. Dieses andere ist das ausserordentliche, das extraordinäre Wellensystem.

Die Richtung, in welcher beide Wellensysteme gleiche Geschwindigkeit zeigen, bezeichnen wir als die Richtung der optischen Axe. Der grösste Unterschied in der Fortpflanzungsgeschwindigkeit zeigt sich in Richtungen senkrecht auf die optische Axe.

Es gibt auch zweiaxig doppeltbrechende Körper, Körper die zwei optische Axen haben, zwei Richtungslinien, in denen sich ordinärer und extraordinärer Strahl gleich schnell fortpflanzen, aber diese sind für den Augenblick nicht Gegenstand unserer Betrachtung. Die Eigenschaften eines einaxig doppeltbrechenden Körpers werden klarer, wenn man sich vorstellt, dass das Licht nicht von aussen in den Körper eindringe, sondern dass das Centrum der Impulse für die Lichtwellen in dem Körper selbst liege. Ist ein Körper isotrop, und werden von einem Punkte aus in ihm Wellen erzeugt, so werden diese Wellen kugelschalenförmig um den ursprünglichen Ort der Impulse herumgelegt sein: man sagt deshalb, in ihnen sei die Wellenoberfläche kugelförmig. Wenn aber ein Körper doppeltbrechend ist, und Sie sich irgendwo in seinem Innern Impulse erregt denken, so wird zwar auch ein Wellensystem mit kugelförmiger Oberfläche entstehen, das wird das Wellensystem der ordinären Strahlen sein, ausserdem wird aber ein zweites Wellensystem entstehen, welches nur in einer Richtung, der Richtung der optischen Axe mit derselben Geschwindigkeit fortgepflanzt wird, wie das Wellensystem der ordinären Strahlen: senkrecht auf diese Richtung wird es fortgepflanzt mit einer grösseren oder geringeren Geschwindigkeit. Wir wollen annehmen, es würde mit einer geringeren Geschwindigkeit fortgepflanzt, dann ist die Wellenoberfläche ein Ellipsoid, das entstanden ist durch Umdrehung einer Ellipse um ihre grosse Axe und diese grosse Axe ist die optische Axe des Mediums. Solche Körper nennt man positiv doppeltbrechende Körper. Denken Sie sich in der Richtung der optischen Axe einen Schnitt durch das Centrum beider Wellensysteme gelegt, so wird die Wellenoberfläche der ordinären Strahlen in einem Kreise geschnitten und die der extraordinären in einer Ellipse, die dem Kreise eingeschrieben ist, wie es Fig. 53 zeigt.

Fig. 53.

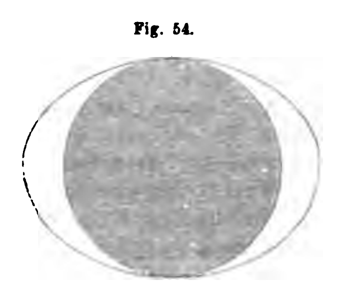


In andern doppeltbrechenden Körpern wird der extraordinäre Strahl senkrecht auf die optische Axe mit einer grösseren Geschwindigkeit fortgepflanzt: dann wird die Wellenoberfläche ein Ellipsoid, welches entstanden ist durch Umdrehung einer Ellipse um ihre kleine Axe, und diese kleine Axe ist dann wiederum die optische Axe. Solche Körper nennt man negativ doppeltbrechend. Denken Sie sich hier einen Schnitt durch das Centrum der beiden Wellensysteme gelegt; so wird die Wellenoberfläche der extraordinären Strahlen in einer Ellipse

geschnitten, und die der ordinären in einem Kreise, welcher der Ellipse eingeschrieben ist, wie dies Fig. 54 zeigt.

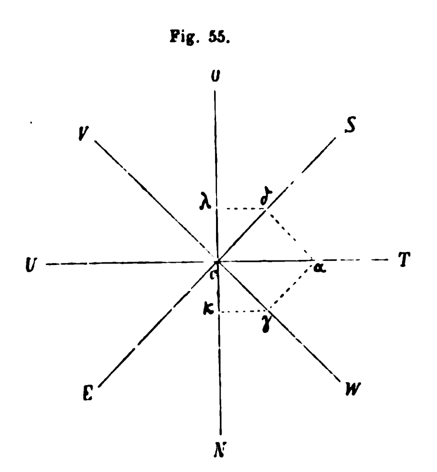
Der ordinäre und der extraordinäre Strahl sind beide senkrecht auf einander polarisirt, mit andern Worten, in beiden Wellensystemen gibt es nur Schwingungen in einer Ebene, und zwar stehen die Schwingungen des ordinären Wellensystems senkrecht auf den Schwingungen des extraordinären. Wenn Sie also Licht durch einen doppeltbrechenden Körper hindurchgehen lassen, so dass dasselbe irgend einen Winkel, auch einen rechten, mit der optischen Axe macht, so können Sie immer zwei Wellensysteme unterscheiden, welche senkrecht auf einander polarisirt sind und mit ungleicher Geschwindigkeit fortgepflanzt werden.

Fig. 54.



Wir denken uns nun, wir hätten auf den Tisch des Polarisationsmikroskops einen doppeltbrechenden Körper gelegt und so orientirt, dass die möglichen Schwingungen in demselben — das sind die Schwingungen des ordinären und die des extraordinären Strahles — Winkel von 45° machen mit der Schwingungsebene der unteren und der oberen Turmalinplatte. Dann wird das Licht, wenn es aus der unteren Turmalinplatte kommt, Impulse abzugeben haben für jede der beiden möglichen Schwingungsebenen. Um die Grösse derselben zu finden, werden wir die Impulse nach dem Kräfteparallelogramm zerlegen. UT Fig. 55 sei die Schwingungsebene des aus der unteren Turmalinplatte kommenden Lichtes, $c\alpha$ die Grösse irgend eines Impulses, so ziehe ich die senkrechten $\alpha\gamma$ und $\alpha\delta$, welche die unwirksamen Componenten sind und finde $c\delta$ als wirksame Componente für die Schwingungsebene ES der extraordinären Strahlen und $c\gamma$ als wirksame Componente für die Schwingungsebene VW der ordinären Strahlen.

Fig. 55.



Diese wirksamen Componenten werden nun das Licht in dem doppeltbrechenden Körper fortpflanzen. Die aus demselben austretenden Strahlen schwingen parallel den Ebenen VW und ES, und sie werden im Mikroskope, dessen Gläser aus isotroper Substanz bestehen, ihre Schwingungsweise nicht ändern bis sie an die obere Turmalinplatte kommen. Hier müssen sie dieselbe ändern; beide Wellensysteme werden wirksame Componenten abgeben, auch wenn wir uns das Sehfeld dunkel, also die Schwingungsebene der oberen Turmalinplatte in der Richtung von ON denken.

Um die unwirksamen und die wirksamen Componenten zu finden, ziehen wir $\delta\lambda$ und $\gamma\varkappa$ senkrecht gegen ON. Wenn beide Wellensysteme sich nach gleichen Gesetzen fortgepflanzt hätten, so müssten die beiden wirksamen Componenten $c\lambda$ und $c\varkappa$ sich einander aufheben, denn sie sind dann gleich und entgegengesetzt, es würde also das Sehfeld nach wie vor dunkel sein, es würde sein, als ob der doppeltbrechende Körper gar nicht vorhanden, oder als ob er nicht doppeltbrechend wäre.

Nun haben wir aber gesehen, dass in einem doppeltbrechenden Medium der ordinäre und der extraordinäre Strahl sich mit ungleicher Geschwindigkeit fortpflanzen, sobald ihre Fortpflanzungsrichtung irgend einen Winkel mit der optischen Axe macht, und zwar, dass in den positiv doppeltbrechenden Körpern sich der ordinäre Strahl mit grösserer Geschwindigkeit fortpflanzt, und in den negativ doppeltbrechenden Körpern sich der extraordinäre Strahl mit grösserer Geschwindigkeit fortpflanzt. Es muss also je nach der Dicke des doppeltbrechenden Körpers, welche durchlaufen ist, der eine Strahl dem andern um ein Grösseres oder Geringeres vorausgelaufen sein.

Wenn dies der Fall ist, so werden auch $c\lambda$ und $c\varkappa$ nicht mehr nothwendig einander gleich und entgegengesetzt sein. Sie werden dies nur sein, wenn der eine Strahl dem andern gerade um eine ganze Wellenlänge oder um ein Vielfaches von einer ganzen Wellenlänge voraus ist. In allen andern Fällen werden sie sich einander nicht aufheben, und der doppeltbrechende Körper wird mithin hell im dunklen Sehfelde erscheinen.

Wenn man einen keilförmig zugeschärften doppeltbrechenden Körper — die Keilkanten und die optische Axe in Ebenen senkrecht zur Axe des Mikroskops — auf den Objecttisch des Polarisationsmikroskops legt, so bekommt man bei obiger Anordnung im homogenen, im monochroischen Lichte ein System von hellen und dunklen Streifen. Die Maxima der Helligkeit entsprechen den Dicken, in welchen der eine Strahl dem andern um eine halbe Wellenlänge oder um drei, fünf halbe Wellenlängen, kurz um ein ungrades Vielfaches von einer halben Wellenlänge vorausgelaufen ist, die Maxima der Dunkelheit entsprechen den Dicken, in welchen der eine Strahl dem anderen um ein gerades Vielfaches von einer halben Wellenlänge, also um eine ganze Wellenlänge oder um ein Vielfaches von einer ganzen Wellenlänge vorausgelaufen ist.

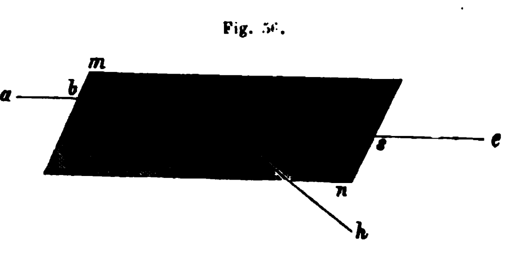
Wenn man nicht mit homogenem Lichte, sondern mit gemischtem Tageslicht beleuchtet, so bekommt man, indem die verschiedenen Farben sich nicht zu gleicher Zeit auslöschen, nicht helle und dunkle Streifen, sondern eine Farbenfolge, und zwar bei gekreuzten Turmalinplatten die Farbenfolge, welche das Newton'sche Farbenglas im auffallenden Lichte gibt. Dreht man die obere Turmalinplatte so, dass ohne doppeltbrechenden Körper das Sehfeld hell wäre, so löschen sich alle Farben aus, welche früher in der hellen Phase gewesen sind, und umgekehrt kommen diejenigen Farben zur Erscheinung, welche früher in der dunklen Phase gewesen sind. Man erhält also an jeder Stelle die complementäre Farbe zu derjenigen, welche früher dort zu sehen war, und so die Farbenfolge, welche das Newton'sche Farbenglas im durchfallenden Lichte gibt.

Da es im dunklen Sehfelde sehr deutlich sichtbar ist, wenn an irgend einer Stelle durch einen doppeltbrechenden Körper ein solcher Gangunterschied hervorgebracht worden, dass durch ihn hindurchgehendes Licht in eine helle Phase getreten ist, wenn auch die Lichtintensität noch gering; so kann man das Polarisationsmikroskop benützen, um kleine doppeltbrechende Körper auch noch in dünnen Schichten als doppeltbrechend zu erkennen.

Man muss, wie aus dem Obigen hervorgeht, den zu untersuchenden Körper so unter das Polarisationsmikroskop legen, dass die Schwingungsebenen einen Winkel, am besten Winkel von 45°, mit der Schwingungsebene der oberen und der der unteren Turmalinplatte einschliessen, dann erscheint er hell im dunklen Sehfelde. Man darf ihn nicht so orientiren, dass eine der in ihm möglichen Schwingungsebenen, entweder die für den ordinären oder die für den extraordinären Strahl, mit einer Schwingungsebene der Turmalinplatten zusammenfällt, denn dann würde die andere senkrecht darauf stehen und keine wirksame Componente haben. Bei gekreuzten Nicols würde dann der Strahl, der für die untere Turmalinplatte eine wirksame Componente hatte, keine für die obere geben, und ein so orientirter Körper müsste also im dunkeln Sehfelde auch dunkel erscheinen. Wenn ein doppeltbrechender Körper so orientirt ist, dass er im dunklen Sehfelde verschwindet, so sagt man, er sei in einem unwirksamen Azimuthe, das heisst, die in ihm möglichen Schwingungsebenen fallen zusammen mit den Schwingungsebenen der polarisirenden und analysirenden Vorrichtung.

Seit langer Zeit nun bedient man sich beim Polarisationsmikroskop nicht mehr der Turmalinplatten, weil diese zu viel Licht wegnehmen, indem sie mehr oder weniger gefärbt sind; man bedient sich der Nicol'schen Prismen. Nicol erhielt sein Prisma indem er die spitzen Kantenwinkel eines durch Spaltung erhaltenen Doppelspathrhomboids zu 68° zuschliff und es dann diagonal durchsägte in einem Schnitt, der durch die spitzen Kantenwinkel und die stumpfen Körperwinkel gelegt war. Die Schnittflächen polirte er und klebte sie mit Canadabalsam wieder zusammen. Denken Sie sich *a b* sei der einfallende Strahl, der beim Eintritte in das Prisma in den ordinären Strahl *b c* und in den extraordinären Strahl *b s* zerfällt. Beide gelangen zunächst an die Balsamschicht *m n*.

Fig. 56.



Der extraordinäre Strahl, der sich im Kalkspath als in einem negativ doppeltbrechenden Körper mit grösserer Geschwindigkeit fortpflanzt, für welchen also der Kalkspath sich als ein weniger stark brechendes Medium verhält als für den ordinären Strahl, passirt sie und pflanzt sich weiter in der Richtung nach *e* hin fort. Der ordinäre Strahl aber wird, weil er sich mit geringerer Geschwindigkeit im Kalkspath fortpflanzt, stärker von seiner ursprünglichen Richtung abgelenkt und bekommt dadurch an der Grenze der Balsamschicht einen grösseren Einfallswinkel. Die Balsamschicht ist für ihn relativ zum Kalkspath ein schwächer brechendes Medium. In dieses soll er übergehen,

Nun hat aber bei schiefer Incidenz das Uebergehen eines Strahles aus einem stärker brechenden Medium in ein schwächer brechendes seine Grenze. Wir haben gesehen, dass das allgemeine Gesetz der Dioptrik lautet $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v}{v'}$ das heisst, der Sinus des Einfallswinkels verhält sich zum Sinus des Brechungswinkels, wie sich die Fortpflanzungsgeschwindigkeit im ersten Medium zur Fortpflanzungsgeschwindigkeit im zweiten Medium verhält. Diese Gleichung muss unter allen Umständen für $\sin r$ einen Werth geben, welcher kleiner ist als 1, so lange die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in dem zweiten Medium, also v', kleiner ist als v. Wenn aber umgekehrt v' grösser ist als v, dann tritt beim Wachsen von $\sin i$, also bei zunehmender schiefer Incidenz, eine Grenze ein, wo man $\sin i$ gleich 1 findet, das heisst der gebrochene Strahl liegt in der Trennungsfläche. Wächst $\sin i$ noch weiter, so wird $\sin r$ grösser als 1. Es gibt bekanntlich keinen Sinus der grösser ist als 1, und unser Resultat bedeutet nichts Anderes als: Es gibt in diesem Falle keinen gebrochenen Strahl, der Strahl wird vollständig reflectirt. In diesen Fall der totalen Reflexion gelangt hier an der Balsamschichte der ordinäre Strahl *bc*; er wird nach *h* hin reflectirt und gelangt somit nicht in ein Auge, das in der Richtung *ea* durch das Prisma hindurchsieht. Sie haben also jetzt ein Wellensystem, und zwar das Wellensystem der extraordinären Strahlen, mit geradlinig polarisirtem Lichte. Dieses Prisma leistet Ihnen mithin denselben Dienst, wie eine Turmalinplatte, und wir haben es auch schon früher bei den Polarisationsapparaten zur Bestimmung des Zuckers im Harne kennen gelernt.

Ein solches Nicol'sches Prisma wird nun angebracht unter dem Objecttisch und ein zweites über dem Oculare. Weil ein solches Nicol'sches Prisma über dem Ocular das Sehfeld einengt, so hat man versucht, das zweite Nicol'sche Prisma, welches ja nur zwischen dem Auge und dem Object zu liegen braucht, in dem unteren Theile des Rohres des Mikroskops anzubringen. Die diesfälligen Versuche sind missglückt, wenigstens waren alle so construirten Polarisationsmikroskope, die ich zu sehen Gelegenheit hatte, für wissenschaftliche Zwecke unbrauchbar. Man ist deshalb wiederum zu der alten Einrichtung zurückgekehrt, das zweite Nicol'sche Prisma oben auf das Ocular drehbar aufzusetzen.

Untersucht man mit dem so eingerichteten Polarisationsmikroskope die Muskeln, so findet man, dass nicht die ganze contractile Substanz gleichmässig doppeltbrechend ist, sondern dass nur die sarcous elements doppeltbrechend sind. Die Zwischensubstanz sowohl diejenige, welche der Länge nach zwischen ihnen liegt, also die sogenannten Fibrillen von einander trennt, als auch diejenige, welche der Quere nach zwischen ihnen liegt und die sogenannten Bowman'schen Scheiben von einander trennt, ist isotrop. Ich unterscheide die Zwischensubstanz ausdrücklich in diese zwei Arten, da sie sich im geronnenen Muskel den Macerationsmitteln gegenüber so verschieden verhalten. In verdünnter Chlorwasserstoffsäure zerfällt der Muskel immer zuerst der Quere nach, während beim Maceriren im verdünnten Weingeist der Muskel immer zuerst der Länge nach, also in Fibrillen zerfällt, und dann die einzelnen Fibrillen sich erst bei weiterer Maceration in sarcous elements zerlegen.

Man hat in neuerer Zeit von isotropen Scheiben gesprochen, welche die doppeltbrechenden Bowman'schen Scheiben von einander trennen, ja man hat sogar von Kästchen gesprochen, in welches jedes einzelne sarcous elements eingebettet ist. Man darf aber niemals vergessen, dass diese Substanzen im Leben nicht die Consistenz haben, welche sie nach dem Tode erlangen. Nach dem Tode haben sie allerdings eine ziemliche Consistenz, während des Lebens haben sie aber offenbar eine äusserst geringe. Denken Sie sich einmal, wie fest, wie widerstandsfähig ein Muskel sein müsste, in welchen von so ausserordentlich kleinen Theilen, wie es die sarcous elements sind, jedes einzelne in ein Kästchen von relativ fester Substanz eingebettet wäre. Thatsächlich aber verhält sich der lebende Muskel fast wie eine flüssige Masse; so lange er nicht erregt ist, folgt er in allen seinen Theilen der Schwere, und selbst wenn er anfängt sich zusammenzuziehen, thut er dies noch, und erst wenn er anfängt seine eigene Substanz zusammenzudrücken, oder wenn er auf einen äusseren Widerstand stösst, verhärtet er sich. Ja Kühne theilt sogar mit, dass er in einer lebenden Muskelfaser eine Filaria habe herumschwimmen gesehen, welche sich zwischen den einzelnen sarcous elements durchschlängelte, ohne dem Anscheine nach etwas zu zerreissen und ohne hinter sich eine Lücke zu lassen.

Man sieht die sarcous elements sehr schön hell auf dunklem Grunde, wenn man einfach die Nicol'schen Prismen kreuzt und dann die Muskelfaser so orientirt, dass sie mit ihrer Längsaxe einen Winkel von 45^0 macht mit den Schwingungsebenen in den Nicol'schen Prismen.

Es ist nicht unter allen Umständen angenehm, im dunklen Sehfelde zu beobachten. Wenn man aber die beiden Nicol'schen Prismen parallel stellt um helles Sehfeld zu machen, so sieht man nun die Polarisationserscheinungen keineswegs so deutlich wie früher bei gekreuzten Prismen und zwar deshalb nicht, weil bei der ganzen Masse des Lichtes, welches ungeschwächt hindurchgeht und das Sehfeld erhellt, die Unterschiede nicht mehr so gut markirt sind, welche durch die doppeltbrechenden Theile hervorgebracht werden. Man nimmt deshalb seine Zuflucht zu einem andern Kunstgriff. Man legt einen doppeltbrechenden Körper von bestimmter Dicke, eine Lamelle von einem Gypskrystall oder eine Glimmerplatte unter das Object. Diese macht ein farbiges Sehfeld, und man schafft sich auch hier dadurch, dass man sie in bestimmter Dicke anwendet, eine Teinte de passage, wie wir sie beim Mitscherlich'schen Polarisationsapparate kennen gelernt haben, das heisst man sucht sich ein Purpurviolett, welches bei Veränderung der Dicke der doppeltbrechenden Schicht einerseits rasch in Blau, andererseits rasch in Roth oder Gelb übergeht. Dann bekommt man Bilder, bei denen der Grund hell und gleichmässig purpurfarben ist, während die sarcous elements sich je nach der Lage des Muskelbündels entweder mit blauer oder mit gelbrother bis gelber Farbe von dem Grunde absetzen.

Wenn man abgestorbene Muskeln im gewöhnlichen oder im polarisirten Lichte untersucht, so findet man eine grosse Menge verschiedener Anordnungen, wie sie in Fig. 57 bis 65 so dargestellt sind, dass die doppeltbrechende Substanz hell, die isotrope dunkel gezeichnet ist. Man findet theils sarcous elements, die durch gleichmässige Zwischenräume von einander getrennt sind, andererseits findet man zwischen den grösseren

sarcous elements Schichten von kleineren sarcous elements, gleichsam als ob diese von den grösseren sich abgetrennt hätten, in dünneren Bowman'schen Scheiben und nun durch besondere Zwischensubstanz getrennt. Welches Schema im einzelnen Falle zur Erscheinung kommt, das hängt nicht allein von der Natur der Muskeln ab, sondern sehr wesentlich von den Bedingungen, unter welchen sie abgestorben sind. Fig. 57 bis 61 sind sämmtlich nach abgestorbenen und in Wein-

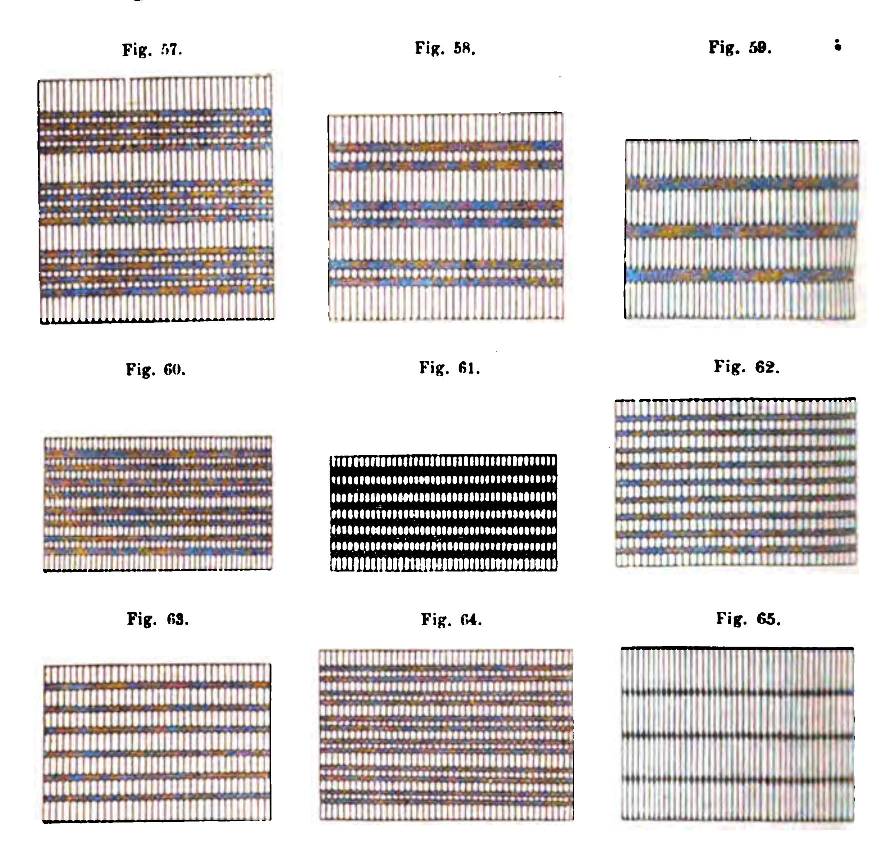


Fig. 57. Fig. 58. Fig. 59. Fig. 60. Fig. 61. Fig. 62. Fig. 63. Fig. 64. Fig. 65.

geist erhärteten Schenkelmuskeln von Hydrophilus piceus gezeichnet, Fig. 62 nach Muskeln von Tropidonotus natrix und Fig. 63 und 64 nach Muskeln von Menschen.

Bei lebenden Muskeln, die sich unter dem Mikroskope contrahiren, sehen Sie um so weniger von der Zwischensubstanz, je frischer und je unveränderter sie noch sind. Sie sehen entweder die isotrope Zwischensubstanz nur als eine ganz feine Linie, welche die sarcous elements von einander trennt, oder Sie sehen selbst die sarcous elements einander unmittelbar berühren und durch eine Reihe von rhombischen Punkten von einander nur unvollkommen getrennt, wie dies in Fig. 65 nach einer lebenden Schenkelmuskelfaser von Hydrophilus piceus dargestellt ist. Damit hängt es auch zusammen, dass man manchmal an ganz frischen

Muskeln gar keine Querstreifen wahrnimmt. Schon in der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts war diese Thatsache unter den Mikroskopikern allgemein bekannt. Dieselben Muskeln können aber unter andern Bedingungen, nachdem sie abgestorben sind, verhältnissmässig breite und deutliche Querstreifen zeigen, indem sich die sarcous elements mehr verkürzt und nun für eine Schicht von isotroper Zwischensubstanz Platz gelassen haben. Man darf sich auch, wenn man etwas über die Structur des contrahirten Muskels aussagen will, niemals auf irgend ein Bild verlassen, welches man an einem abgestorbenen Muskel sieht, man muss sich an diejenigen Bilder halten, welche man von lebenden, noch contractionsfähigen und sich noch contrahirenden Muskeln erhält. Besonders geeignet für diese Untersuchungen sind die Schenkelmuskeln eines in ganz Mitteleuropa vorkommenden grossen Wasserkäfers, des Hydrophilus piceus. Man bringt sie nur mit dem Deckglase bedeckt, ohne allen Zusatz irgend einer Flüssigkeit, unter das Mikroskop.

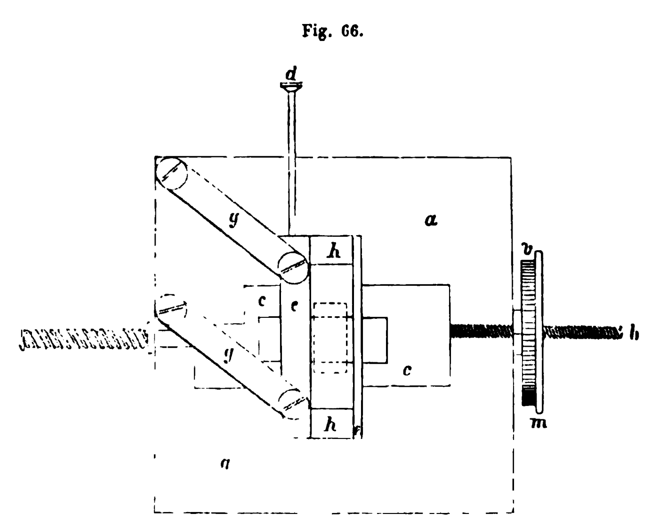
Wenn die Muskeln sich contrahiren, so werden ihre sarcous elements kürzer und dicker. Mit jedem einzelnen sarcous element geht dieselbe Veränderung vor, wie mit dem ganzen Muskel. Der ganze Muskel, wenn er sich contrahirt, wird nicht grösser und auch nur um ein höchst unbedeutendes kleiner, er behält im Wesentlichen sein Volum, aber jede einzelne Faser wird kürzer und dicker. Dass der Muskel bei der Contraction sein Volum nahezu behält, das kann man durch folgenden Versuch demonstriren. Durch einen Korkstöpsel, der auf eine kleine weithalsige Flasche passt, steckt man in der Mitte eine an beiden Enden offene Glasröhre, so dass sie nach oben um einige Zolle, nach unten aber gar nicht hervorragt. Zu beiden Seiten derselben steckt man durch den Kork ein paar Kupferdrähte, die man hakenförmig umbiegt, und die untere Hälfte, die durch ein Stück Wirbelsäule verbundenen Beine, eines enthäuteten Frosches so daran aufhängt, dass ein electrischer Strom, der von einem Haken zum andern geht, die Muskeln der Beine in Zusammenziehung versetzt, indem er deren Nerven durchwandert. Nun füllt man die Flasche völlig mit Wasser an, oder besser mit Kochsalzlösung von 0,6 Procent, und drückt den Stöpsel so in den Hals, dass keine Luftblase bleibt und die Flüssigkeit, welche man um besser abzulesen, noch färben kann, in der Glasröhre bis zu einer gewissen Höhe aufsteigt. Dann versetzt man die Muskeln der Beine mittelst electrischer Ströme in Contraction und sieht, wie sich das Niveau der Flüssigkeit verhält. Es bleibt entweder ungeändert, oder wenn man eine sehr dünne Steigröhre angewendet hat, so dass man recht kleine Volumveränderungen beobachten kann, so sieht man wohl, dass es im Augenblicke, wo sich die Muskeln zusammenziehen, um ein Geringes fällt. Das rührt daher, dass die Muskeln bei der Contraction um ein Geringes ihre Substanz zusammendrücken.

Ehe wir zu ermitteln suchen, was bei der Contraction in jedem einzelnen der sarcous elements vorgeht, wollen wir versuchen näher in ihre optischen Eigenschaften einzudringen. Sind sie positiv doppeltbrechend oder sind sie negativ doppeltbrechend? Sind sie einaxig oder zweiaxig? Es gibt, wie erwähnt, Krystalle, die einaxig doppeltbrechend sind, und Krystalle, welche zweiaxig doppeltbrechend sind, das heisst solche, die nur eine Linie haben, in welcher ordinärer und extraordinärer

Strahl sich mit gleicher Geschwindigkeit fortpflanzen, und solche, die zwei solcher Linien, also zwei optische Axen haben. Es lässt sich im hohen Grade wahrscheinlich machen, dass die sarcous elements einaxig doppeltbrechend sind, und dass ihre optische Axe parallel läuft mit der Axe der Faser. Es lassen sich zwar hier die strengen Methoden nicht anwenden, welche man in der Krystallographie anwendet, aber auf dem Wege des Ausschliessens kommt man zu dem Resultate, dass die sarcous elements einaxig doppeltbrechend sind. Wenn man Querschnitte von Muskelfasern macht und unter das Mikroskop bringt, so findet man immer, dass diejenigen, in welchen die Fasern, also auch die sarcous elements genau senkrecht stehen, optisch inactiv sind, und dass nur diejenigen, welche gegen die Axe des Mikroskops geneigt sind, beim Umdrehen auf dem Objecttische in den wirksamen Azimuthen hell, in den unwirksamen dunkel erscheinen. Es unterliegt also keinem Zweifel, dass eine optische Axe vorhanden ist, welche parallel ist zur Axe der Muskelfaser. Eine zweite optische Axe können wir nicht auffinden. Da die erste mit einer Cardinalrichtung in den Muskelfasern, mit der Längsrichtung, parallel ist, so wird es schon dadurch wahrscheinlich, dass keine zweite optische Axe vorhanden ist.

Die zweite Frage ist: Sind die sarcous elements positiv oder negativ doppeltbrechend. Um dies zu ermitteln bedient man sich eines Apparates, der Fig. 66 abgebildet ist, und den man auf dem Objecttische des Polarisationsmikroskops anbringt. Die quadratische Platte *aa* ist von Metall und trägt einen Schlitten *cc*, der als Rahmen einen flachen Keil von Bergkrystall mit einem Winkel von 1⁰ 6′ 54″ trägt, den man parallel mit der Richtung der krystallographischen Hauptaxe geschnitten hat. Dieser Schlitten kann mittelst der Mikrometerschraube *b* hin und her bewegt werden. Ueber demselben bewegt sich ein zweiter Schlitten *d h e h e*, und zwar mittelst eines Parallelogramms *g g*, so dass die optische Axe eines zweiten Quarzkeils von 1⁰ 6′ 54″, den dieser zweite Schlitten trägt, immer genau senkrecht steht zu der optischen Axe des ersten Quarzkeiles. Der zweite Quarzkeil ist in derselben Weise erhalten dadurch, dass man parallel mit der krystallographischen Hauptaxe eines Bergkrystalls geschnitten hat. Nun sehen Sie leicht ein, dass die Impulse der ordinären Strahlen

Fig. 66.



in dem einen Quarzkeil, weil der zweite mit seiner optischen Axe senkrecht darauf liegt, in letzterem die extraordinären Strahlen erzeugen müssen, und umgekehrt, die Impulse der extraordinären Strahlen in dem ersten Quarzkeile die lebendigen Kräfte hergeben müssen für das Wellensystem der ordinären Strahlen im zweiten Quarzkeile. Wenn also das eine Wellensystem dem andern in dem ersten Quarzkeile um ein Stück vorausläuft und es im zweiten Keile eine gleiche Dicke zu durchwandern hat, so erleidet es in dem zweiten Keile wieder eine derartige Verzögerung, dass sich die Wirkungen beider Keile vollständig compensiren. Je nachdem ich nun eine dickere oder eine dünnere Stelle des zweiten Keiles über eine bestimmte Stelle des ersten bringe, kann ich einen grösseren oder geringeren Gangunterschied hervorbringen. Es dienen mir also diese beiden Quarzkeile in derselben Weise, wie mir Glimmerplatten von verschiedener Dicke dienen würden, ich kann dadurch alle Farben des Newton'schen Ringsystems hervorbringen, die Farben des reflectirten Lichtes und die des durchgelassenen, je nachdem ich meine Nicol'schen Prismen kreuze oder parallel stelle. Nun benutze ich den einen dieser Quarzkeile, den oberen, der frei in der Rinne *h h* zwischen den Leisten *e e* liegt, als Objectträger: auf ihm breite ich die Muskelfasern aus, welche ich untersuchen will; ich lege einige so, dass ihre optische Axe der optischen Axe dieses Quarzkeils parallel liegt, andere so, dass ihre Axe senkrecht gegen die optische Axe des Quarzkeiles liegt. Nachdem ich nun den Quarzkeil mit den Muskelfasern an seinen Ort im Instrumente zurückgelegt und eine bestimmte Farbe eingestellt habe, erfahre ich mit Leichtigkeit aus der Drehung der Schraubenmutter *v m*, wie die Farben auf einander folgen, welche einer Verdickung des Keils entsprechen, und wie die Farben auf einander folgen, welche einer Verdünnung des Keils entsprechen. Ich kann also auch ermitteln, ob die daraufliegenden Muskelfasern, welche nun eine andere Farbe zeigen als der Grund, wirken wie eine Verdünnung oder wie eine Verdickung des Keils. Ich finde dann, dass die Muskelfasern, welche auf dem oberen Keile parallel mit seiner optischen Axe liegen, wirken wie eine Verdickung eben dieses oberen Keils und diejenigen, welche senkrecht darauf liegen, also parallel mit der optischen Axe des unteren Keiles, wirken wie eine Verdünnung des oberen Keiles, beziehungsweise wie eine Verdickung des unteren. Die Muskelfasern wirken also immer wie eine Verdickung desjenigen Keiles, mit dessen optischer Axe ihre optische Axe parallel liegt, das heisst die Muskelfasern sind positiv, denn der Bergkrystall, aus dem die Keile geschnitten worden sind, ist ein positiv doppeltbrechender Körper.

Jetzt muss ich mich weiter fragen: Wie verhält sich das sarcous element in seinen optischen Eigenschaften bei der Contraction. Das ist mir von besonderer Wichtigkeit für die ganze Vorstellung, welche ich mir vom sarcous element zu machen habe. Ist das sarcous element ein einheitlicher Körper, so müssen, wenn sich dasselbe verkürzt und verdickt, die optischen Constanten desselben sich ändern, denn in einem einheitlichen Körper geht eine Veränderung der äusseren Form auf das Molekül über, bringt eine Veränderung des Moleküls hervor. Wenn ich ein Glasstück von zwei Seiten zusammendrücke, so wird es doppeltbrechend, wenn ich einen Kautschukriemen ausziehe, wird er doppeltbrechend. Wenn dagegen

das sarcous element aus lauter kleinen doppeltbrechenden Theilen bestehen sollte, welche nur ihre Anordnung ändern, so werden sich die optischen Constanten des sarcous element nicht ändern.

Ich betrachte zunächst einen lebenden Muskel während der Contraction unter dem Mikroskope. Der Musculus mylohyoideus vom Frosch lässt sich dazu anwenden, da er dünn genug ist, um eine Untersuchung im polarisirten Lichte zu gestatten: aber die Bewegungen desselben sind geschwind, zuckend, und dann zieht er sich auch auf den electrischen Reiz ungleichmässig zusammen. Es zieht sich die eine Partie zusammen und reckt die andere Partie aus. Ich habe aber wenigstens Gelegenheit zu sehen, dass die sich zusammenziehende Partie, also die dickere, immer eine dieser grösseren Dicke entsprechende Farbe annimmt, während die andere Partie, welche ausgereckt wird, immer ihrer Verdünnung entsprechend, die Farbe einer dünneren Schichte annimmt. Viel entscheidendere Antwort auf meine Frage erhalte ich, wenn ich Muskeln vom Hydrophilus piceus zwischen die zwei Gläser eines sogenannten Compressoriums einschliesse, so dass sich die Dicke der beobachteten Schichte nicht verändern kann. Die Muskeln sterben durch den gelinden Druck, den sie dabei zu ertragen haben, nicht ab, sie contrahiren sich nach wie vor. Beobachte ich sie unter dem Polarisationsmikroskop, so sehe ich, dass die sarcous elements ihre Farbe nur ändern insoweit bei der Contraction ihre Azimuthe sich ändern; insofern sich dieselben nicht ändern, bleibt ihre Farbe dieselbe. Es macht sich also während der Contraction keine Aenderung der optischen Constanten bemerkbar, und ich sehe mich deshalb genöthigt anzunehmen, dass jedes sarcous element noch wiederum aus einer Anzahl von kleinen doppeltbrechenden Körpern besteht. Diese kleinen doppeltbrechenden Körper habe ich nach dem Ausdrucke, dessen sich der Entdecker der Doppeltbrechung im Kalkspath bedient, mit dem Namen der Disdiaklasten bezeichnet. Ob dieselben einzeln jemals Gegenstand der directen Beobachtung gewesen sind, weiss man nicht mit Sicherheit. Wenn man lebende Muskeln in destillirtes Wasser hineinwirft, und sie darin absterben lässt, und dann die Endstücke derselben, welche zunächst von dem destillirten Wasser zerstört worden sind, unter das Polarisationsmikroskop bringt, sieht man im dunkeln Sehfelde nicht die sarcous elements, sondern einen feinen, silbergrauen, molekularen Staub, in welchen die sarcous elements zerfallen sind. Ob die kleinen, doppeltbrechenden Körper, welche diesen Anblick hervorrufen, die Disdiaklasten selbst oder noch Gruppen derselben sind, das weiss man nicht; soviel ist aber gewiss, dass hier jedes sarcous element in eine grosse Anzahl kleiner doppeltbrechender Körper zerfallen ist, und dass es aus einer grossen Anzahl von kleinen doppeltbrechenden Körpern besteht, die bei der Contraction nicht ihre Form sondern ihre Anordnung so verändern, dass die einzelnen sarcous elements sich verkürzen und verdicken.

Die quergestreiften Muskeln, deren feinere Structur wir in dem bisherigen kennen gelernt haben, sind, wie bekannt, im Allgemeinen Prismen, die sich entweder an einer Sehne, und zwar, wie du Bois nachgewiesen hat, in der Regel mit facettenförmigen Enden, das heisst mit Enden, welche so beschaffen sind, als ob sie durch schräge Schnitte zugeschnitten worden wären, anheften, oder auch spitz zulaufend im

Innern von Muskeln endigen, oder sich endlich, wie dies z. B. in der Zunge und im Herzen der Fall ist, mannigfach verzweigen. Sie enthalten ausser der contractilen Substanz eine grössere oder geringere Menge von Kernen, welche die Ueberbleibsel sind derjenigen Zellen, welche ursprünglich den Muskel aufgebaut haben. Sie tragen auch an ihren beiden Enden immer noch eine grössere oder kleinere Menge von unmetamorphosirtem Protoplasma. Da man die Reste der Zellen, welche den Knochen aufgebaut haben, mit dem Namen der Knochenkörperchen bezeichnet, da man in Uebereinstimmung damit die Zellen, welche das Bindegewebe aufgebaut haben, mit dem Namen der Bindegewebskörperchen bezeichnet, so bezeichnet man diese Kerne mit ihrem Protoplasmareste auch wohl mit dem Namen der Muskelkörperchen.

Mittel, durch welche die Muskeln in Contraction versetzt werden.

Die Reize, durch welche die Muskeln in Contraction versetzt werden können, sind sehr verschiedener Art. Wenn man Muskeln eines frisch getödteten Thieres kneipt, zerrt, oder wenn man etwas hart mit einer Sonde herüberfährt, sieht man sie sich zusammenziehen. Man glaubte früher, dass dies nur davon herrühre, dass Nerven gereizt worden sind: man ist aber jetzt durch ein Indianer-Pfeilgift, das Curare, im Stande, die Nerven innerhalb der Muskeln zu vergiften, so dass ihre Reizbarkeit vollkommen erlischt, und man es dann nur mit der Muskelsubstanz zu thun hat. Man findet, dass dergleichen mit Curare vergiftete Muskeln nicht nur nicht unempfindlich, sondern sogar im hohen Grade empfindlich gegen mechanische Reize sind. Es ist also die Muskelsubstanz, welche hier direct gereizt wird. Dasselbe gilt von den chemischen Reizen. Die chemischen Reize können wirken von den Nerven aus, welche sich im Muskel verbreiten, sie wirken aber auch auf den nervenlosen Muskel, sie wirken direct auf die contractile Substanz, und zwar wirken gewisse chemische Reize auf die contractile Substanz, welche auf den Nerven angebracht unwirksam sind. Es ist z. B. nicht gelungen einen Muskel vom Nerven aus mittelst Ammoniak zum Zucken zu bringen; wenn Sie dagegen über eine Ammoniakflasche einen Muskel an einer Pincette halten, so dass er nur von den Dämpfen des Ammoniaks getroffen wird, geräth er in zuckende Bewegungen. Andere Substanzen, namentlich Salzsäure und Salpetersäure, wirken auf die contractile Substanz, auf den Muskel selbst, schon in Verdünnungsgraden, mit welchen man nicht im Stande ist vom Nerven aus Zuckung zu erregen. Bei unseren physiologischen Versuchen werden aber mechanische und chemische Reize wenig angewendet, wir bedienen uns meistens der electrischen Reize und mit diesen wollen wir uns hier näher beschäftigen.

Das älteste electrische Reizmittel war die sogenannte einfache Armatur. Sie bestand in einem spitzig zugeschnittenen Stücke Zinkblech und einem ebenso gestalteten Stücke Kupferblech, welche beide mittelst eines Kupferdrahtes mit einander verbunden waren. Wenn sie auf den Muskel oder Nerv aufgesetzt wurden, wirkte derselbe als feuchter Leiter, das Ganze bildete Kette mit einander, und indem der Stromkreis geschlossen oder geöffnet wurde, entstand eine Zuckung. Als Volta später

seine Säule aufbaute, bemerkte er bald, dass man von dieser viel heftigere physiologische Wirkungen haben könne, Wirkungen, welche, wie wir jetzt wissen, theils auf die Nerven, theils aber auch direct auf die Muskelsubstanz ausgeübt werden. Wenn man kräftige physiologische Wirkungen haben will, so wendet man jetzt zwar nicht die Voltai'sche Säule an, weil es unbequem ist sie stets neu aufzubauen, und weil ihre Wirkung bald abnimmt, weil sie keine constante Kette bildet: aber man wendet Ketten nach dem Principe der Voltai'schen Säule an, indem man eine Reihe von Elementen zusammensetzt, welche man so einzurichten pflegt, dass ihr Strom constant ist, dass der Sauerstoff und der Wasserstoff, welche an den wirksamen Metallen ausgeschieden werden und den Kettenstrom schwächen, weil sie Kette in entgegengesetzter Richtung bilden, wieder verzehrt werden, und deshalb die Wirkung einer solchen Kette längere Zeit ungeschwächt fortdauert. Wir begnügen uns dabei mit Elementen von mässiger Grösse und vermehren die Zahl derselben so lange, bis wir dadurch die hinreichende Wirkung haben. Wir müssen das deswegen thun, weil wir durch Vergrösserung eines einzelnen Elementes niemals kräftige physiologische Wirkungen erlangen würden. Die Intensität eines electrischen Stromes ist nämlich $J = \frac{E}{L + \lambda}$, darin bedeutet E die electromotorische Kraft, L bedeutet den sogenannten wesentlichen Widerstand, das heisst den Widerstand in der Kette selbst, und λ bedeutet den ausserwesentlichen Widerstand, das heisst denjenigen Widerstand, welchen ich durch den Schliessungsdraht und durch die eingeschalteten Theile zu Wege bringe. Nun kann ich die Intensität des Stromes, J, vergrössern, entweder indem ich den Nenner des Bruches verkleinere, oder indem ich den Zähler des Bruches vergrössere. Verkleinern kann ich den Nenner nur wirksam, wenn zugleich λ, der ausserwesentliche Widerstand, klein ist. Zu dem ausserwesentlichen Widerstande tragen aber hier bei thierische Theile, durch welche ich den Strom hindurchleiten muss, und deren Widerstand immer relativ gross ist: deshalb würde es mir nichts nützen durch Vergrösserung des Querschnittes meiner Kette den Leitungswiderstand zu verringern. Es bleibt mir nichts übrig, als den Zähler des Bruches zu vergrössern. Die electromotorische Kraft ist abhängig von der Natur der Elemente und von der Anzahl der Elemente. Ich vermehre deshalb die Anzahl der Elemente so lange, bis ich diejenige physiologische Wirkung habe, welche ich brauche.

Wenn ich nun auf diese Weise einen für meine Zwecke brauchbaren constanten Strom hergestellt habe, und dessen Wirkung auf die Muskeln untersuche, so finde ich, dass er, während er geschlossen ist, viel weniger wirksam ist, als während des Schliessens und des Oeffnens. Das hat in folgendem seinen Grund. Der constante Strom wirkt von den Nerven aus auf die Muskeln gar nicht; auf die Muskelsubstanz direct wirkt er allerdings, insofern ein Muskel, wenn ein starker constanter Strom durch ihn fliesst, fortwährend bis zu einem gewissen Grade contrahirt bleibt. Wenn man aber die Stromstärke stufenweise schwächt, so findet man, dass schwache Ströme, welche den mit Curare vergifteten, den entnervten Muskel beim Schliessen und Oeffnen noch zucken machen, ihn nicht mehr in eine wahrnehmbare dauernde Zusammenziehung ver-

setzen. Wenn ich die Stromstärke steigere, bekomme ich auch während der Dauer des Stromes eine Verkürzung, erst eine geringere und zuletzt, wenn ich sehr starke Ströme anwende, eine bedeutende. Diese Zusammenziehung hat einen eigenthümlichen Charakter. Es ziehen sich nicht alle Theile des Muskels gleichzeitig zusammen, sondern man sieht unregelmässige partielle und wellenförmige Contractionen über ihn ablaufen. Sie verbreiten sich bei starken Strömen über die ganze durchflossene Strecke, sie sind am stärksten und dauern am längsten in der Nachbarschaft der negativen Electrode, sie sind am schwächsten und vergehen zuerst in der Nachbarschaft der positiven Electrode, so dass sie bei schwachen Strömen nur an der negativen Electrode merklich werden.

Ich kann aber den Muskel auch in dauernde Zusammenziehung versetzen, wenn ich ihn so rasch hintereinander zu Zuckungen bewege, dass er dazwischen keine Zeit hat zu erschlaffen. Dies bezeichnet man mit dem Namen des Tetanisirens. Das kann ich nun machen, indem ich die Kette, welche mir den constanten Strom gibt, rasch hinter einander öffne und schliesse, und ich wende, um dies mit einer gewissen Regelmässigkeit thun zu können, ein sogenanntes Neef'sches Blitzrad an. Dieses besteht aus einem Sterne aus Kupfer, der an einer Axe gedreht wird, und mit seinen Zacken in ein Quecksilberniveau eintaucht. Jedesmal, wenn ein Zahn eintaucht, wird der Strom geschlossen, indem der eine Poldraht mit dem Quecksilber, der andere mit dem kupfernen Stern leitend verbunden ist, jedesmal, wenn der Zahn aus dem Quecksilber herausgehoben wird, wird der Strom geöffnet. Ich kann auch statt des Sternes aus Kupfer eine Scheibe aus Kupfer anfertigen, welche am Rande Ausschnitte besitzt, welche mit Elfenbein oder Buxholz eingelegt sind. Auf dem Rande schleift eine metallene Feder, mit der der eine Poldraht verbunden ist, während der andere Poldraht mit der Scheibe verbunden ist. Die Scheibe wird gedreht; sobald sich die metallische Feder auf dem Kupfer befindet, ist der Strom geschlossen, wenn sie sich auf den dazwischen liegenden Stücken von Elfenbein oder Buxholz befindet, ist der Strom offen.

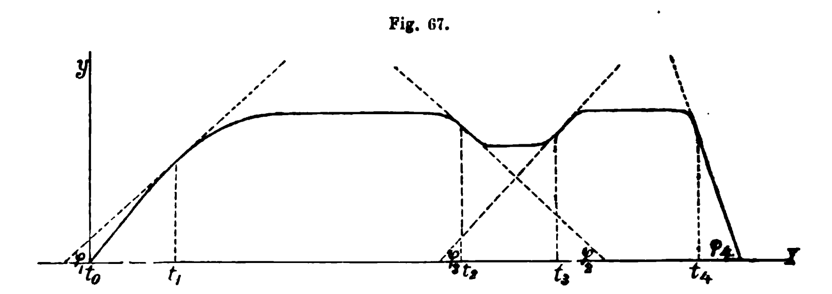
Inductionsapparate.

Ich kann mit der oben besprochenen Vorrichtung alle physiologischen Wirkungen erzielen, auch die stärksten, welche man nur irgendwie in der Physiologie oder in der Electrotherapie braucht; aber bequem sind diese Apparate nicht. Ich muss immer eine grosse Menge von Elementen zu einer Kette zusammensetzen, um einen hinreichend wirksamen Strom zu bekommen, wenn ich den menschlichen Körper oder Theile desselben einschalte, wie dies in der Electrotherapie geschieht. Man zieht es deshalb in vielen Fällen vor, statt des sogenannten primären Stromes, von welchem ich hier gesprochen habe, den secundären Strom, den Inductionsstrom anzuwenden.

Wenn in einem geschlossenen Leiter ein Strom entsteht oder vergeht, so entsteht jedesmal in einem benachbarten geschlossenen Leiter auch ein Strom, und diesen Strom nennt man den Inductionsstrom, während man den Strom, der ihn inducirt hat, als den primären bezeichnet. Der Inductionsstrom ist dem primären Strome entgegengesetzt

gerichtet, wenn der letztere entsteht, er ist ihm gleich gerichtet, wenn derselbe vergeht. Es entsteht nicht nur beim Schliessen und Oeffnen des primären Kreises in dem benachbarten geschlossenen Leiter ein Strom, sondern stets wenn der primäre Strom anwächst, oder wenn der primäre Strom abfällt. Wenn der primäre Strom anwächst, entsteht ein Strom, welcher dem primären entgegengesetzt gerichtet ist, wenn er abfällt, entsteht ein Strom, welcher ihm gleich gerichtet ist. Fig. 67

Fig. 67.



zeigt ein Coordinatensystem, die Zeiten sind als Abscissen, die Stromstärken als Ordinaten aufgetragen. Mit der Zeit t_0 soll der Strom anfangen und soll ansteigen bis zu einem gewissen Maximum, soll dann eine Weile constant sein, dann soll er absinken, wieder constant werden, wieder ansteigen, wieder constant werden und endlich soll der Kreis geöffnet werden, so dass die Stromstärke jäh bis auf Null abfällt. Dann besteht ein Inductionsstrom bis der Strom zu seiner ganzen Höhe angestiegen ist, während er constant ist, besteht keiner, wenn er abfällt, besteht wieder einer, wenn er constant wird, verschwindet er u. s. w., endlich wenn er geöffnet wird, beim plötzlichen Abfallen entsteht wiederum ein sehr kurz dauernder Inductionsstrom. Wenn Sie einen Maassstab haben wollen für die Stärke des Inductionsstromes zu irgend einer Zeit t_n, so legen Sie da, wo die zugehörige Ordinate die Curve trifft, eine Tangente an dieselbe: diese wird mit der Abscissenaxe einen Winkel φ machen, und $tg\,\varphi$ gibt einen Maassstab für die Stärke des Inductionsstroms, indem, wenn wir die zugehörigen Winkel mit $\varphi_0, \varphi_1 \ldots\ldots \varphi_n$ bezeichnen, die Stromstärken zu den Zeiten t_m und t_n sich unter einander verhalten, wie $tg\,\varphi_m$ zu $tg\,\varphi_n$. Je plötzlicher also der Strom ansteigt und je plötzlicher er abfällt, um so kürzere Dauer, aber um so grössere Intensität haben die Inductionsströme. Ist der Winkel φ in der Richtung offen, in der man auf der Abscissenaxe fortschreitet, so ist der Inductionsstrom dem primären Strome entgegengesetzt gerichtet, ist φ nach rückwärts offen, so ist er ihm gleichgerichtet, d. h. ein durch Stromabnahme hervorgebrachter inducirter Strom ist dem primären gleich, ein durch Stromzunahme erzeugter ihm entgegengesetzt gerichtet.

Ich kann nun mit einem einzelnen Elemente sehr starke Inductionsströme erzeugen. Ich gebe diesem einzelnen Elemente eine ziemliche Grösse und leite seinen Strom in einen dicken Kupferdraht, aus dem ich eine Spirale aufwickle. So erhalte ich die Spirale für den primären Strom, die sogenannte primäre Spirale. Auf diese schiebe ich eine

zweite Spirale von sehr feinem Kupferdraht; das ist die Spirale, in welcher die Inductionsströme erzeugt werden sollen. Ich nehme für die primäre Spirale dicken Kupferdraht, weil ich nur ein Element angewendet habe, und deshalb in meinem $J = \frac{E}{L+\lambda}$ der wesentliche Widerstand, L, klein ist. Es ist mir bei diesem Umstande möglich eine grosse Stromintensität zu erzielen, wenn ich den ausserwesentlichen Widerstand λ auch klein mache. Dagegen nehme ich in der zweiten Spirale, in der Inductionsspirale, einen sehr dünnen Kupferdraht, damit ich ihn innerhalb eines engen Raumes möglichst oft um die primäre Spirale herumführen und dadurch die Inductionswirkung vermehren kann. Ob ich dabei den Leitungswiderstand in der secundären Spirale erhöhe oder nicht, kümmert mich wenig, weil ich ausserdem den beträchtlichen Widerstand thierischer Theile einschalten muss. Ich kann also ohnehin nicht daran denken, die Stromstärke zu erhöhen, dadurch dass ich den Leistungswiderstand auf ein sehr geringes Maass herabdrücke; ich bin darauf angewiesen die Stromstärke zu steigern durch Multiplication der electromotorischen Wirkungen, und das geschieht eben dadurch, dass ich den Draht der Inductionsspirale immer von Neuem und immer von Neuem um die primäre Spirale herum führe. Ich brauche nun in den Kreis der primären Spirale nur ein Blitzrad einzuschalten, dieses zu drehen, so den primären Strom rasch hintereinander zu schliessen und zu öffnen, und bekomme in Folge jeder Schliessung und Oeffnung einen Inductionsstrom, welchen ich unmittelbar verwerthen kann. Um die Wirkung noch zu verstärken lege ich ein Bündel von gefirnissten Eisendrähten in die primäre Spirale hinein; die letztere wirkt auf diese Eisendrähte magnetisirend, und der entstehende und vergehende Magnetismus dieser Eisendrähte wirkt inducirend auf die secundäre Spirale im Sinne einer Verstärkung der Inductionsströme; denn der entstehende Magnetismus inducirt in einem benachbarten geschlossenen Leiter einen Strom entgegengesetzt demjenigen, der ihn selbst hervorbringt, oder hätte hervorbringen können, und der vergehende Magnetismus erzeugt einen diesem gleichgerichteten Inductionsstrom. Dass man ein Bündel gefirnisster Drähte und nicht einen einzigen dicken Eisencylinder wählt, hat darin seinen Grund, dass man das Entstehen von Strömen in einer grösseren zusammenhängenden Eisenmasse vermeiden will.

Apparate dieser Art sind vielfältig in Gebrauch gewesen, aber sie sind noch nicht die zweckmässigsten, welche man haben kann. Man muss erstens dabei noch eine Kette anmachen, und zweitens muss man eine Kurbel drehen. Eines von beiden kann man sich ersparen.

Der magneto-electrische Rotationsapparat.

Wenn man sich das Anmachen einer Kette ersparen will, so bedient man sich einer sogenannten Pixii'schen oder Stöhrer'schen Maschine. Es ist dies ein Instrument, welches auf der Wirkung der magnetischen Induction beruht. Vor einem starken Hufeisenmagneten, den man gewöhnlich durch einfache oder terrassenförmige Aneinanderlagerung mehrerer Hufeisenmagnete herstellt, wird ein Anker aus weichem Eisen gedreht, dessen beide Schenkel mit einer Drahtspirale umwickelt sind. Der Draht

liegt auf dem Anker so, dass er erst den einen Schenkel mit allen Windungen umspinnt, die er bekommen soll, dann auf den anderen Schenkel übergeht und nun diesen in einer gleichen Anzahl von Windungen umgibt. In dem Augenblicke, wo sich die Enden des weichen Hufeisens den Polen des Magnets nähern, wird, indem das Hufeisen magnetisch wird, ein electrischer Strom inducirt, und in dem Augenblicke, wo sie sich davon entfernen um sich in gewechselter Stellung den Polen wieder zu nähern, ein entgegengesetzter. Wenn man also mittelst der Enden der doppelten Drahtspirale diese Ströme zu einem Muskel oder Nerven ableitet, so hat man eine Reihe von Schlägen, die denselben in stets wechselnder Richtung durchzucken. Je rascher man dreht um so kürzer, aber auch um so kräftiger sind die Stromstösse. Nun kann es aber bisweilen wünschenswerth sein, nicht entgegengesetzt gerichtete, sondern immer gleichgerichtete Ströme zu haben, und das wird erzielt durch eine eigenthümliche Vorrichtung, die bewirkt, dass die Electroden, die an Muskel oder Nerv angelegt sind, jedesmal in demselben Augenblicke ihre Verbindung mit den Enden der Drahtspirale umtauschen, in welchem sich in letzterer der Strom umkehrt. Ihre Enden gehen deshalb nicht direct zu den Electroden, sondern zu zwei isolirt in einander steckenden messingenen Hülsen, welche die stählerne Drehungsaxe des Apparates umgeben und je zwei Messingscheiben tragen. Diese vier Scheiben seien $a\,b\,c\,d$ in Fig. 68. Dann ist a und d mit dem einen Drahtende und b und c mit dem anderen Drahtende leitend verbunden. Jede dieser Scheiben ist nun in der in Fig. 69 gezeichneten Weise beschnitten, so dass jedes Paar derselben, sowohl das Paar $a\,b$, als auch das Paar $c\,d$, in der Richtung der Axe projicirt, die Fig. 70 gibt. Die auf den Scheibenpaaren schleifenden gespaltenen messingenen Federn n und n', durch welche der Strom zu den Electroden geleitet wird, berühren deshalb bei der Drehung der Axe $g\,h$ stets je eine der Scheiben und vertauschen durch die Stellung, die man den Scheiben gegeben hat, ihren Contact gerade in demselben Augenblicke, in welchem sich in der Drahtspirale der Strom umkehrt. So wird der sich umkehrende Strom wieder umgekehrt und behält deshalb in dem Bahnstücke von n zu n' stets dieselbe Richtung. Diese Art von Instrumenten wird jetzt im Ganzen zu therapeutischen Zwecken wenig angewendet, weil sie nur mässig starke Wirkungen geben, wenn sie in kleinen Dimensionen ausgeführt werden; und wenn man sie in grossen Dimensionen ausführt, so werden sie durch die Schwere der permanenten Magnete unbequem. Man entschliesst sich deshalb heut zu Tage eine Kette anzumachen und erspart sich dafür das Drehen einer Kurbel, man arbeitet jetzt fast ausschliesslich mit Instrumenten, welche nach dem Principe des Neef'schen Magnetelectromotors gebaut, das heisst mit einem Neef'schen Hammer versehen sind.

Fig. 68.

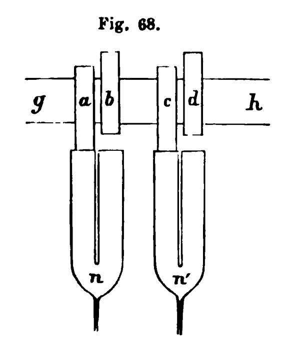


Fig. 69.

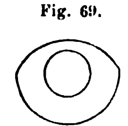
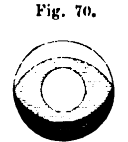


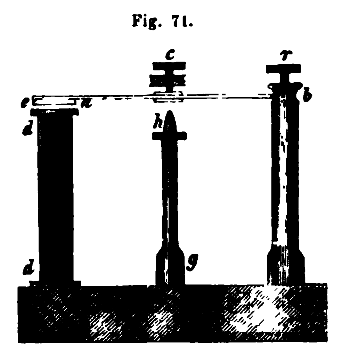
Fig. 70.



Neef's Magnetelectromotor.

Ein solcher Apparat besteht aus zwei wesentlich verschiedenen Theilen. Der erste Theil ist die Kette mit der primären Spirale und den Mitteln den primären Stromkreis rasch hinter einander zu öffnen und zu schliessen, der zweite Theil des Apparates ist die secundäre Spirale mit ihren Electroden und dem von du Bois angegebenen Schlitten, auf welchem die secundäre Spirale hin und hergeschleift werden kann, um die Wirkung des Instrumentes beliebig bis auf Null abschwächen zu können. Je mehr man nämlich die secundäre Spirale von der primären entfernt, um so geringer wird natürlich die Inductionswirkung. Die Kette besteht in einem mässig grossen Elemente, wozu man ein constantes Element wählt oder, in Ermangelung desselben, ein anderes hinreichend starkes, nicht constantes, z. B. ein Element nach Smee, wie es in den Telegraphenstationen gebraucht wird. Die primäre Spirale ist nach unseren früher entwickelten Grundsätzen wiederum aus verhältnissmässig dickem Drahte gewunden, und geht zugleich über die beiden säulenförmigen Schenkel eines Hufeisens von weichem Eisen. Dies dient dazu, dieses Hufeisen von weichem Eisen zu magnetisiren. Der Strom ist geschlossen, so lange ein federndes Metallstück *e a b* Fig. 71 an der Schraube *c* anliegt. Die Säule *d d* ist die Seitenansicht des temporären Hufeisenmagneten. Wenn er magnetisch wird, zieht er das Eisenstück *a e*, welches sich am Ende von *e a b* befindet an und hebt dadurch den Contact mit der Schraube *c* auf. Dadurch wird der Strom hier geöffnet, es entsteht ein Strom in der secundären Spirale, der dem ursprünglichen Strome gleich gerichtet ist. Da nun aber der Strom in der primären Spirale aufhört, so verliert das Hufeisen seinen Magnetismus, der sogenannte Hammer *b a e* geht vermöge der Elasticität seines Stieles, der bei *b* durch die Schraube *r* mehr oder weniger fest eingeklemmt werden kann, wieder in seine frühere Lage zurück, der primäre Strom wird wieder geschlossen, und es wird wieder ein Inductionsstrom erzeugt, aber jetzt in entgegengesetzter Richtung. Zugleich wird das Hufeisen wieder magnetisch, es zieht den Hammer wieder an, der Strom wird wieder geöffnet u. s. w.

Fig. 71.

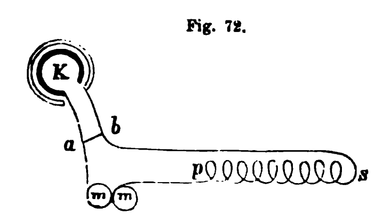


Es entstehen also fortwährend Inductionsströme, welche entgegengesetzt gerichtet sind. Diese Inductionsströme sind aber von sehr ungleicher Dauer und sehr ungleicher Stärke, indem derjenige Inductionsstrom, welcher beim Schliessen des primären Stromes entsteht, immer länger dauernd, aber schwächer ist, während der Oeffnungsinductionsstrom immer viel kürzer dauernd, aber stärker ist. Das beruht darauf, dass beim Schliessen des Stromes die Windungen der primären Spirale auf einander inducirend wirken: jede einzelne Windung inducirt in der benachbarten einen Strom, der ihrem eigenen primären Strome entgegengesetzt ist. Diese Inductionswirkungen hindern also die Entwickelung

des primären Stromes, halten sie auf. Deshalb steigt der primäre Strom nicht plötzlich, sondern allmälig zu seiner ganzen Stärke an: der Inductionsstrom dauert länger und ist schwächer als er bei plötzlichem Ansteigen sein würde. Wenn aber der primäre Strom geöffnet wird, entsteht kein Inductionsstrom in der primären Spirale, weil dann der primäre Stromkreis offen ist, und kein Strom in einem offenen Kreise entstehen kann. Dann fällt also der primäre Strom plötzlich von seiner ganzen Höhe bis auf Null, und es entsteht ein momentaner sehr starker Inductionsstrom, ein sogenannter Inductionsschlag im eigentlichen Sinne des Wortes.

Da es nun bei physiologischen Versuchen nicht angenehm ist zweierlei sehr verschieden starke Ströme unmittelbar nach einander zu haben, hat Helmholtz eine Vorrichtung angegeben, vermöge welcher der Oeffnungs- und Schliessungsinductionsstrom einander ähnlicher gemacht werden. Sie beruht auf folgendem. Fig. 72 stelle die Kette *(K)* sammt der primären Spirale *p s* und dem temporären Magneten *m m* schematisch dar. Bei der gewöhnlichen Einrichtung des Electromotors wird, wie wir gesehen haben, die Demagnetisirung dadurch hervorgebracht, dass der Stromkreis an einer bestimmten Stelle geöffnet wird: sie kann aber auch dadurch hervorgerufen werden, dass sich ein Contact herstellt, der eine Nebenschliessung *a b* zu Stande bringt, welche den Strom von der ganzen primären Spirale ableitet, aber dieselbe dabei als geschlossenen Kreis bestehen lässt.

Fig. 72.



Eine solche Nebenschliessung wird durch die Säule *g h* Fig. 71 erzeugt. Man macht durch eine veränderte Drahtverbindung das Geschlossensein des Stromes unabhängig von dem Contact mit der Schraube *c*, und schraubt die Schraube *h* so weit in die Höhe, dass die Spitze, wenn der Hammer vom Magnete angezogen wird, die untere Fläche des Hammerstiels, an der für den Contact ein Platinplättchen angebracht ist, eben berührt. Dann geht vom Augenblicke der Berührung an kein merklicher Stromantheil mehr durch die Spirale, aber sie bildet nach wie vor ein Stück eines geschlossenen Kreises.

Die Grösse der Wirkungen des Apparates leidet unter dieser Anordnung, denn gerade die Oeffnungsinductionsschläge sind es, welche sehr kräftige Wirkungen ausüben; aber er wird für viele physiologische Zwecke brauchbarer, weil eben Oeffnungs- und Schliessungsstrom einander nicht mehr so unähnlich sind.

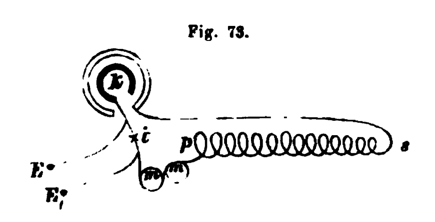
Für grössere Electromotoren ist der Neef'sche Hammer etwas modificirt worden. Statt der ursprünglichen Feder, der Schiene aus Messing oder Neusilber, wendet man einen doppelarmigen Hebel an, dessen langer Arm den Hammer trägt, während der kurze durch eine Spiralfeder, die durch eine Schraube stärker und schwächer angespannt werden kann, nach abwärts gezogen wird. Auf dem langen Hebelarm zwischen ihm und der Schraube *c* liegt einseitig befestigt und das Platinplättchen für den Contact tragend eine dünne federnde Metalllamelle, die, wenn der Hammer vom Magneten angezogen wird, den Contact noch

kurze Zeit fortbestehen lässt, damit der Magnetismus des temporären Magneten noch fortwirke. Die Höhe, bis zu welcher sich die Lamelle vom Hebelarm abheben kann, und die davon abhängige Verlängerung des Contacts wird mittelst einer kleinen Schraube regulirt.

Der Extrastrom.

An dem Magnetelectromotor kann man ausser dem Inductionsstrome der secundären Spirale auch noch einen Inductionsstrom der primären Spirale anwenden, den Inductionsstrom, welchen **Faraday** mit dem Namen des Extrastromes belegt hat.

Fig. 73.



Denken Sie sich K sei die Kette, $p\,s$ die primäre Spirale, $m\,m$ der temporäre Magnet und i der Punkt, an dem der Stromkreis durch das Spiel des Hammers geöffnet und geschlossen wird. E und $E_{\prime}$ seien zwei Zweigdrähte, zwischen denen ich mit meinem Körper, beziehungsweise mit dem Muskel, oder dem Nerv, den ich erregen will, schliesse. Wenn der Hammer den Stromkreis bei i öffnet, wird er zwar immer noch geschlossen bleiben, denn er ist ja noch geschlossen durch die Verbindung von E nach $E_{\prime}$, da er aber hier durch einen Halbleiter hindurchgehen muss, so fällt im Augenblicke der Unterbrechung bei i der Strom wegen Vermehrung des Leitungswiderstandes jählings ab. Die Folge davon ist ein kurzdauernder, mit dem primären Strome gleichgerichteter Inductionsstrom, der den noch geschlossenen Kreis, also auch die Strecke $E\,E_{\prime}$ durchfliesst. Dieser Strom ist **Faraday's** Extrastrom, der von den Electrotherapeuten in gewissen Fällen mit Vorliebe angewendet wird, weshalb an den grossen Inductionsapparaten für therapeutische Zwecke immer die Einrichtung getroffen ist, dass man nach Belieben die Inductionsströme aus der secundären Spirale, oder den Oeffnungs- richtiger Schwächungs-Inductionsstrom aus der primären Spirale, den Extrastrom, ableiten und benutzen kann.

Geringe Empfindlichkeit der entnervten Muskeln gegen Inductionsströme.

Es muss hier bemerkt werden, dass man mit den Inductionsströmen immer zunächst durch die Nerven auf die Muskeln wirkt, weshalb auch die Electrotherapeuten, wenn sie mit Inductionsströmen arbeiten, die sogenannten Nervenpunkte aufsuchen, das heisst die Eintrittsstellen der Nerven in die Muskeln, die Stellen also, wo sie möglichst intensive Ströme durch eine möglichst grosse Summe von Nerven durchleiten. Wenn die Muskeln ihrer Nerven beraubt sind, dann sind Inductionsströme für sie im Allgemeinen wenig wirksam. Es wurde diese Unterempfindlichkeit für Inductionsströme zuerst beobachtet von **Beierlacher** bei einer Facialislähmung. Bekanntlich degeneriren die Nerven, wenn sie durchschnitten oder gequetscht oder stark comprimirt sind, in ihren peripherischen Enden am Ende der ersten oder am Anfange der zweiten

Woche nach dem Insult. Ein solcher Fall von Degeneration war es, wie sich später herausgestellt hat, welchen Beierlacher untersuchte. Es waren die motorischen Nerven der einen Gesichtshälfte degenerirt, sie waren nicht mehr erregbar, und hieraus erklärt es sich, dass Beierlacher mit Inductionsströmen, mit welchen er auf der andern Seite heftige Zuckungen hervorbrachte, auf der gelähmten Seite nichts ausrichtete, dass er aber noch Contractionen in den Muskeln bekam, wenn er einen constanten Strom schloss und öffnete, ja dass gegen einen constanten Strom sogar die Muskeln der gelähmten Seite empfindlicher waren als die Muskeln der gesunden Seite, und dass sich auch gegen mechanische Reize, gegen Darüberstreichen, Drücken u. s. w., die Muskeln der gelähmten Seite empfindlicher zeigten, als die der gesunden. Einen ganz ähnlichen Fall hat später Dr. Benedikt Schulz in Wien beobachtet und beschrieben, und später ist noch eine grosse Reihe solcher Fälle beobachtet worden, alle diejenigen, bei welchen die Nervenleitung wirklich vollständig aufgehoben war, und welche hinreichend lange gedauert hatten, damit die Nerven in den Muskeln ihre Reizbarkeit durch Degeneration vollständig einbüssten.

Es hat sich nun durch weitere Untersuchungen herausgestellt, dass die Unwirksamkeit der Inductionsströme auf die nervenlosen Muskeln auf ihrer kurzen Dauer beruht. Die Muskelsubstanz als solche ist gegen sehr kurz dauernde Ströme wenig empfindlich, dagegen sehr gut empfindlich gegen etwas länger dauernde Ströme. Man kann leicht nachweisen, dass es nicht eine besondere geheimnissvolle Eigenschaft der Inductionsströme ist, sondern eben ihre kurze Dauer, worauf ihre relative Wirkungslosigkeit beruht. Wenn man einem Frosche um den Oberschenkel eine sogenannte Massenligatur anlegt, das heisst, wenn man ihm durch ein plattes Band den Oberschenkel zusammenschnürt, so dass die Blutgefässe comprimirt werden, und man ihn dann mit Curare vergiftet, so wird der ganze Frosch gelähmt, bis auf das eine Bein, zu dem das Gift nicht hinkommt. Die Lähmung betrifft, wie man aus anderweitigen Versuchen weiss, speciell die motorischen Nerven und in erster Reihe die der willkürlichen Muskeln. Wenn man die beiden Beine in Bezug auf ihre Reizbarkeit untersucht, so findet man, dass sie gleich gut empfindlich sind gegen das Schliessen und Oeffnen eines constanten Stromes, dass aber das nicht vergiftete Bein viel empfindlicher ist gegen Inductionsströme als das vergiftete. Wenn man aber in den constanten Strome ein Blitzrad einschaltet und es schnell dreht, so zeigt sich der vergiftete Schenkel auch unterempfindlich im Vergleich zu dem andern, weil man jetzt mittelst des Blitzrades ähnlich kurz dauernde Ströme hervorgebracht hat, wie die Inductionsströme sind. Andererseits kann man zeigen, dass die Inductionsströme wirksam sind, wenn sie nur lange genug dauern. Zu dem Ende schaltet man die Schenkel zwischen Electroden ein, die mit den Enden der secundären Spirale eines Magnetelectromotors zusammenhängen, und schiebt einen Spahn oder ein zusammengelegtes Papier unter den Hammer (Fig. 71 *e a*) um seinen Stiel dauernd an die Schraube *c* (Fig. 71) anzudrücken und so die Eröffnung des primären Kreises zu hindern. Dann sendet man durch diesen einen constanten Strom, zieht die secundäre Spirale auf dem Schlitten von du Bois von der primären herunter

und schiebt sie mit einiger Geschwindigkeit wieder hinauf. Dabei entsteht ein Inductionsstrom, der verhältnissmässig nicht stark ist, der aber eine ziemliche Dauer hat, so lange dauert, als die Bewegung der secundären Spirale, und für diesen Inductionsstrom zeigt sich nun der vergiftete Schenkel so empfindlich wie der unvergiftete.

Die Erforschung des Verhaltens gelähmter Muskeln gegen Inductionsströme und gegen den constanten Strom, beziehungsweise gegen das Schliessen und Oeffnen desselben, ist von wesentlicher diagnostischer und prognostischer Bedeutung. Reagiren die Muskeln schwer oder anscheinend gar nicht auf Inductionsströme, aber auf das Schliessen oder Oeffnen einer Kette leichter oder doch ebenso leicht, wie die der gesunden Seite, so weiss man, dass die Nerven degenerirt, aber die Muskeln wohl erhalten sind. Hieraus geht ferner hervor, dass die Störung der Leitung eine peripherische ist, d. h. dass sie nicht jenseits der grossen Ganglienzellen liegt, aus denen, wie wir später sehen werden, die motorischen Nerven zunächst entspringen, und die ihnen als trophische Centren dienen. Reagiren die Muskeln noch am zehnten Tage und später nach erfolgter vollständiger Lähmung auf Inductionsströme ebenso gut, wie die der gesunden Seite, so liegt die Störung jenseits dieser Zellen, sie ist, wie wir uns ausdrücken, eine centrale. Bei vollständigen peripheren Lähmungen wird der Unterschied meistens schon in der ersten Woche merklich. Nur in den Fällen, in denen die Muskeln sowohl auf Inductionsströme als auch auf Kettenströme schwer oder gar nicht reagiren, erfährt man auch während des weiteren Verlaufes der Lähmung aus dieser Untersuchung nichts über den Sitz der Krankheit; man weiss dann nur, dass die Muskeln bereits so weit in ihrer Textur verändert sind, dass sie sich nicht mehr in normaler Weise zusammenziehen.

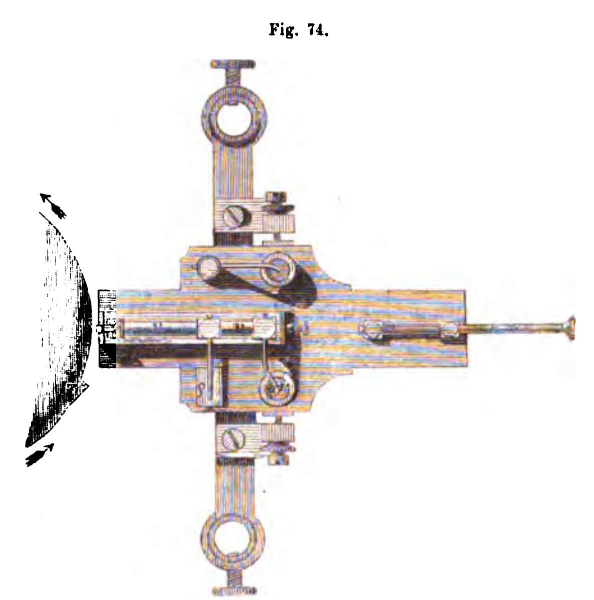
Das Myographion und der zeitliche Verlauf der Muskelcontraction.

Nachdem wir die Reize kennen gelernt haben, deren wir uns bedienen um die Muskeln in Zusammenziehung zu versetzen, wollen wir den Verlauf der Muskelcontraction kennen lernen. Derselbe ist zuerst mittelst eines Instrumentes untersucht worden, welches man Myographion nennt. Sie sehen es hier in seiner ursprünglichen Construction, welche ihm Helmholtz gegeben hat. Es ist so gezeichnet, als ob durch einen durch die Mitte gehenden, aber die Zahnräder und deren Axen intact lassenden Schnitt der innere Mechanismus blossgelegt wäre. Fig. 75 zeigt in *A A* einen Glascylinder, der glatt abgeschliffen ist; er ist drehbar mit seiner Axe, und diese wird bewegt durch ein Uhrwerk, von welchem Sie hier nur einen Theil in *c d e* abgebildet sehen. Der Gang der Axe wird regulirt durch eine sehr schwere Bleischeibe *k k*, welche denselben Dienst leistet, welchen bei den Dampfmaschinen das Schwungrad mitleistet, den Dienst, das Trägheitsmoment zu vergrössern und dadurch die kleinen Ungleichheiten des Ganges auszugleichen. Ausserdem befinden sich daran zwei Schirme *m m*, welche in einer Rinne mit Oel gehen und drehbar sind, so dass sie, je nachdem man sie radial oder tangential einstellt, einen grösseren oder geringeren Widerstand in dem Oele finden. Der Glascylinder wird berusst, denn er soll dazu dienen, dass in ähn-

licher Weise, wie auf einer Kymographiontrommel, auf ihm eine Curve aufgeschrieben wird. Der Schreibapparat ist durch den Haken *l* in Verbindung gesetzt mit einem lebenden Muskel. Man wählt gewöhnlich den Gastrocnemius des Frosches. Indem er sich contrahirt, hebt er den Schreibstift *(n)*, und es werden dadurch die Hubhöhen in bestimmtem Maasse vergrössert als Ordinaten aufgetragen.

Der Schreibapparat besteht in einem Stahlstift *(n)*, der an einer Messingstange *(rx)* befestigt ist, welche ihrerseits wiederum von einem Gitter *(rq)* herabhängt, welches in zwei Stahlspitzen drehbar ist, so dass der Schreibstift nach aufwärts und nach abwärts geht ohne irgendwelche seitliche Schwankungen zu machen. Dieses Gitter ist in Fig. 75 *r q* im Profil abgebildet und zugleich die Art und Weise, wie es mit dem Haken *l*, an dem der Muskel wirkt, verbunden ist. Fig. 76 zeigt eine Ansicht des Gitters von oben. Von dem Schreibstift geht nach rückwärts ein Faden, welcher hier um einen Cylinder *o* läuft und unten um einen Stab $\alpha\gamma$ gewunden ist, durch dessen Drehung er so weit angezogen wird, dass der Schreibstift den Gascylinder eben berührt. Die Kraft, mit der er an letzteren angedrückt wird, kann ausserdem regulirt werden durch das Laufgewicht *g*, welches auf dem horizontalen Arm *i g* verschoben werden kann, der seinerseits wieder auf *r x* verschiebbar ist.

Fig. 74.



Der Nerv des zu benutzenden Muskels wird an zwei Electroden gelegt, welche die Enden einer Inductionsspirale sind. Durch einen Oeffnungsinductionsschlag aus dieser Spirale soll der Nerv und durch ihn der Muskel gereizt werden. Der primäre Kreis muss also im Beginne des Versuches geschlossen sein und sich öffnen in dem Augenblicke, in dem der Reiz erfolgen soll. Die Unterbrechung erfolgt im betreffenden Momente dadurch, dass durch Umlegen des Hebels $\delta\lambda$ (Fig. 75) und der Axe *v v* (Fig. 74 und Fig. 75) der Contact mit der Platinplatte *p* aufgehoben wird. Ehe nun der eigentliche Versuch beginnt, und ehe man das Uhrwerk in Gang setzt, dreht man den berussten Glascylinder *A A* einmal langsam herum, indem man die Bleischeibe *k k* (Fig. 75) mit der Hand bewegt. Hierbei fasst der Daumen *Z* (Fig. 74) einer mit der Bleischeibe verbundenen Messingplatte den Hebel $\delta\lambda$ (Fig. 75), legt ihn um

und unterbricht den Strom. Hierauf zuckt der Muskel und der Schreibstift zeichnet eine Senkrechte zu der Horizontalen, die er in Folge des

Fig. 75.

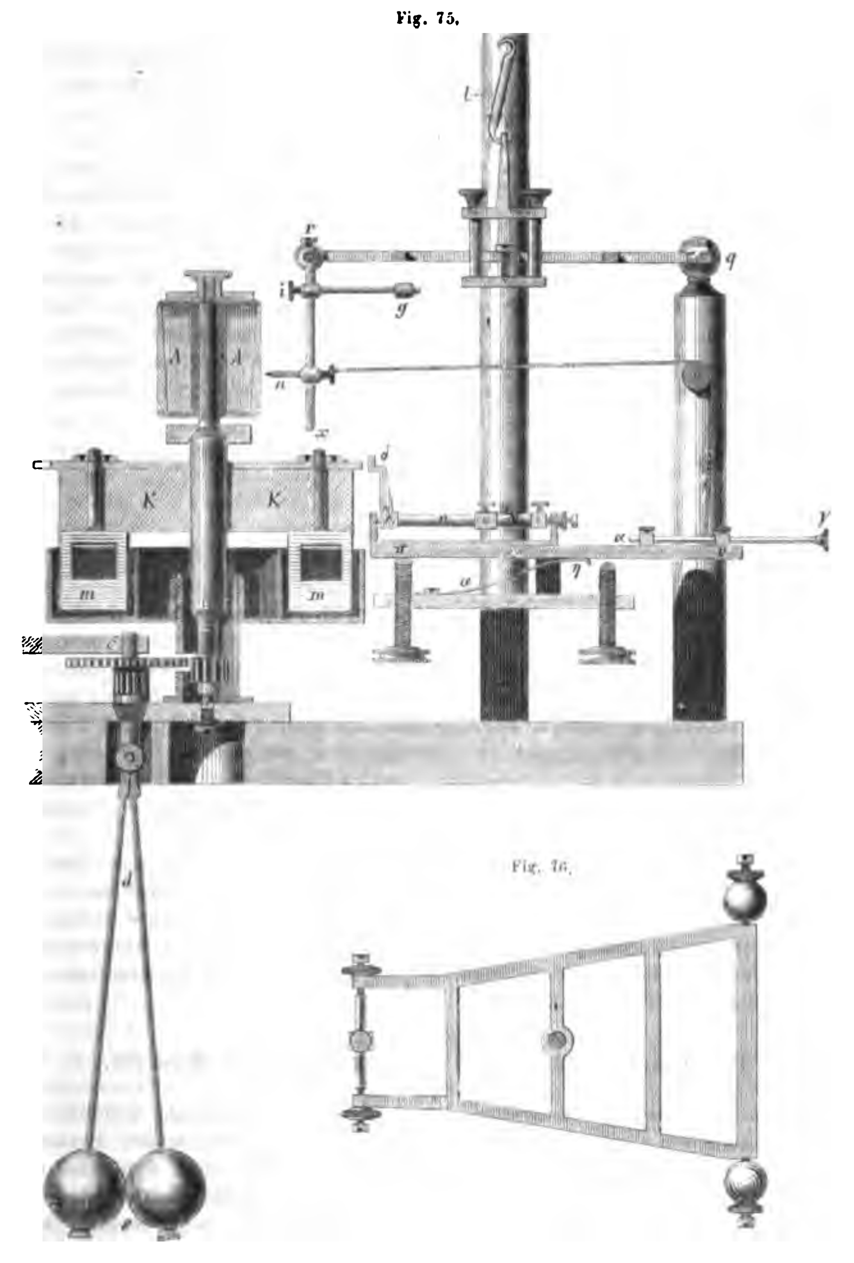


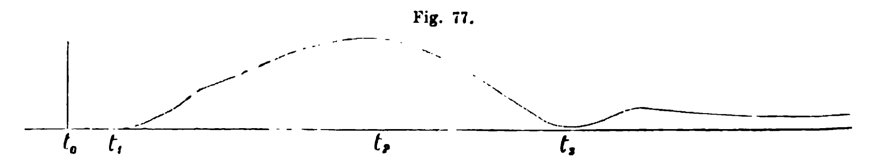
Fig. 76.

Umdrehens gezeichnet hat. Diese Senkrechte ist die Ordinatenaxe und bezeichnet den Moment, in welchem der Reiz erfolgt.

Wenn nun experimentirt werden soll, so wird das Brett $\pi\nu$ bei ν mit dem Finger heruntergedrückt. Dadurch wird der Faden so viel angezogen, dass der Schreibstift von dem Glase abgehoben wird. Jetzt wird der Hebel wieder aufgerichtet um den primären Kreis wieder zu schliessen und das Uhrwerk wird in Gang gesetzt. Nachdem dasselbe constante Geschwindigkeit erlangt hat, nimmt man den bei ν drückenden Finger weg, das Brett hebt sich in Folge der Wirkung der Feder, der Stift tritt an den Cylinder heran und schreibt.

Mit dem Herabdrücken des Brettes war auch der Hebel $\delta\lambda$ aus dem Bereich des Daumens Z Fig. 74 gezogen; jetzt aber, so wie der Stift an das Glas heranreicht, gelangt nun auch der Hebel $\delta\lambda$ wieder in den Bereich des Daumens Z, und wenn jetzt die Scheibe sich so weit herumgedreht hat, dass letzterer den Hebel berührt, schlägt er ihn zur Seite und öffnet dadurch den primären Strom. Der Reiz erfolgt, der Muskel zieht sich zusammen und zeichnet jetzt bei der schnellen Umdrehung des Cylinders nicht eine Senkrechte, sondern eine Curve von der Gestalt Fig. 77. Wenn zu der in der beschriebenen Weise markirten Zeit t_0 der

Fig. 77.



Reiz erfolgt ist, so erfolgt, wie die Fig. 77 zeigt, nicht in demselben Moment die Zusammenziehung, sondern es ist ein Stadium der latenten Reizung vorhanden, das heisst ein Stadium, während dessen an dem Muskel äusserlich noch nichts vorgeht, wo er sich noch nicht aus seiner früheren Gleichgewichtsfigur herausrührt. Es dauert nach unserer Fig. 77 bis zur Zeit t_1. Dann zieht er sich allmälig zu seinem Maximum zusammen, das er zur Zeit t_2 erreicht, erschlafft allmälig und kommt nach einer durch den Fall der Belastung bedingten Verlängerung (t_3) nahezu wieder auf seine ursprüngliche Gleichgewichtsfigur zurück.

Die blitzartige Zuckung, welche eintritt, wenn wir den Nerven eines Muskels reizen, geht in der That nur für unser Auge in einem unmessbar kleinen Zeittheilchen vor sich; wenn man feinere messende Instrumente anwendet, kann man diese Zeit zerlegen in ein Stadium der latenten Reizung, in ein Stadium der anwachsenden Contraction und in ein Stadium der Erschlaffung.

Die Leistungen des sich contrahirenden Muskels.

Zunächst ist zu bestimmen die Grösse des Gewichtes, welches ein Muskel noch eben von seiner Unterlage zu heben im Stande ist. Eduard Weber, dessen Untersuchungen wir hier folgen, hat dazu den Musculus hyoglossus des Frosches angewendet. Er bietet den wesentlichen Vortheil, dass er sehr einfach gebaut, dass er der Länge nach gefasert ist. Man kann ihn leicht an einem Haken aufhängen, indem man denselben durch die Stimmritze steckt, mit welcher das Zungenbein, von dem der Muskel entspringt, verbunden ist. An dem andern Ende des Muskels hängt die

Zunge. Durch diese steckt man wiederum einen Haken, und an diesem hängt man ein leichtes Schälchen auf. Von diesem Haken geht ein Draht zu einem Quecksilbernapf und man kann nun die Schläge eines Inductionsapparates durch den Muskel leiten, indem man die zuleitenden Drähte einerseits verbindet mit dem Haken, an dem der Muskel aufgehängt worden ist, andererseits mit dem Quecksilbernapf, in welchen der von dem unteren Haken abgehende Draht eintaucht. Es werden nun auf das Schälchen so lange Gewichte gelegt, als der Muskel bei seiner Reizung das Schälchen noch von der darunter befindlichen Unterlage abhebt. Wenn dies nicht mehr geschieht, zählt man die Gewichte aus, welche er eben gehoben hat, addirt sie zum Gewichte des Hakens und der Schale und dieses Gesammtgewicht, welches er eben noch von der Unterlage zu heben im Stande war, bezeichnet man als das Maass für die absolute Kraft des Muskels.

Es ist nun klar, dass, wenn sich neben einem solchen gerade gefaserten Muskel ein anderer eben solcher befunden hätte, dieser das gleiche Gewicht gehoben haben würde, also beide Muskeln zusammen das doppelte. Es ist auch klar, dass, wenn wir beide Muskeln quer durchschnitten hätten, der Querschnitt der beiden Muskeln doppelt so gross gewesen wäre, als der Querschnitt des einen Muskels. Es hängt also die absolute Kraft eines Muskels, das heisst das Gewicht, welches er zu heben im Stande ist, von seinem Querschnitte ab. Aber es muss hier etwas hinzugefügt werden, es muss ein Querschnitt sein, der erzielt ist, indem man senkrecht auf sämmtliche sich contrahirende Fasern durchgeschnitten hat. Man nennt diesen Querschnitt den physiologischen Querschnitt. Er fällt mit dem sogenannten anatomischen Querschnitt nur dann zusammen, wenn der Muskel einfach längs gefasert ist: wenn dagegen der Muskel ein gefiederter oder ein doppeltgefiederter ist, so kann der physiologische Querschnitt nicht ohne Weiteres gefunden werden, weil er eine Oberfläche ist, welche man sich senkrecht durch sämmtliche Fasern gelegt denkt. Wenn jedoch diese Fasern genau oder doch näherungsweise gleich lang sind, dann lässt sich der physiologische Querschnitt auf verhältnissmässig einfache Weise finden. Man bestimmt das absolute Gewicht des Muskels in Grammen und dividirt es durch das specifische Gewicht, dann hat man das Volum des Muskels in Cubikcentimetern, und wenn man dieses Volum durch die Faserlänge dividirt, so hat man den physiologischen Querschnitt, mit andern Worten, man hat die Grundfläche eines Prismas von dem ermittelten Volum und von einer Höhe, welche gleich ist der Faserlänge.

Es kommt aber nicht allein darauf an, ein wie grosses Gewicht der Muskel hebt, es kommt auch darauf an, zu wissen, wie hoch er ein Gewicht heben kann. Früher haben wir ihn so lange belastet, bis er die Schale mit dem Gewichte nur eben noch von der Unterlage abhob: wenn wir ihn aber mit einem sehr geringen Gewichte belasten, so zieht er sich noch nahezu oder ganz so weit zusammen, wie wenn er unbelastet zur Contraction gereizt würde. Um wie viel kann sich nun ein Muskel zusammenziehen? Die alten Anatomen und Physiologen rechneten im Mittel, dass sich ein Muskel um ein Drittel seiner Länge verkürzen könne. Sie hatten hiebei viel zu kurz gerechnet, begreiflicher Weise deshalb, weil sie als Paradigmata hiefür gefiederte und doppeltgefiederte

Muskeln genommen hatten, bei denen die Länge der einzelnen Fasern weit hinter der anatomischen Länge des ganzen Muskels zurückbleibt. Machen wir einmal den Versuch mit dem Hyoglossus des Frosches, indem wir durch das untere Ende desselben einen Coconfaden hindurchziehen, ihn horizontal über zwei entfernte Stützen leiten, und hinter ihm eine Theilung aufstellen, so dass wir bei der Verkürzung des Muskels sehen, um wie viel er in die Höhe gehoben wird; so finden wir nach dem Vorgange von Eduard Weber, dass sich der M. hyoglossus um $\frac{5}{6}$ seiner Länge zusammenzieht, so dass nur $\frac{1}{6}$ von der Länge, die der erschlaffte Muskel zeigt, übrig bleibt. Der M. hyoglossus befindet sich hinsichtlich seiner Verkürzung in besonders günstigen Umständen, denn erstens ist er einfach der Länge nach gefasert, zweitens ist er in lockeres Bindegewebe gehüllt, welches ihm bei der Contraction keinerlei Hinderniss entgegensetzt. Ein leichtes Gewicht wird also von ihm um $\frac{5}{6}$ seiner Länge gehoben. Wenn ich mir an diesen Hyoglossus einen andern angehängt denke, und dieser zöge sich gleichzeitig auch zusammen, so würde natürlich dasselbe Gewicht um das Doppelte gehoben werden. Also die Hubhöhe, die Höhe, bis zu welcher ein Muskel ein geringes Gewicht heben kann, hängt ab von der Länge der Fasern, von der physiologischen Länge des Muskels.

Die Arbeit, welche ein Muskel durch eine Contraction zu leisten vermag, ist ausgedrückt durch $m\,g\,h$, worin m die Masse bedeutet, g die Erdschwere, also $m\,g$ das Gewicht des gehobenen Körpers auf der Erde, und h die Höhe, zu welcher es gehoben wird. Hängen wir ein sehr geringes Gewicht an den Muskel an, so wird zwar h ein Maximum, aber dafür ist $m\,g$ jetzt sehr klein; wir haben also doch nur ein kleines Product. Hängen wir das grösste Gewicht an, welches der Muskel eben zu heben im Stande ist, so hebt es der Muskel eben nur von der Unterlage ab; es ist also h sehr klein. Zwischen diesen beiden Bedingungen muss es irgend eine andere geben, durch welche der Muskel das Maximum der Arbeit leistet, welche er durch eine Contraction zu leisten im Stande ist. Diese Bedingung hat Ed. Weber ermittelt, indem er nach einander verschiedene Gewichte auflegte, bei jedem die Hubhöhe und das Gesammtgewicht notirte, und nun sah, bei welcher Belastung er das grösste Product erhielt. Bei seinen Versuchen ergab sich als die absolute Kraft des Hyoglossus des Frosches 0,692 Kilogramm auf den Quadratcentimeter Querschnitt. Rosenthal hat nachher eine bedeutend grössere Zahl, 1 Kilogramm und darüber, erhalten. Der grösste Nutzeffect wurde von Ed. Weber erhalten, wenn er den Quadratcentimeter Querschnitt nur mit 450 Gramm belastete, dann hob der Muskel das 93fache seines Gewichtes 15 Millimeter hoch.

Wir haben gesehen, dass die absolute Kraft abhängt von dem physiologischen Querschnitte und die Hubhöhe von der Faserlänge. Das gehobene Gewicht multiplicirt mit der Hubhöhe entspricht der Arbeit, welche der Muskel leistet bei einer Contraction: diese ist also $m\,g\,h$. $m\,g$ ist abhängig vom physiologischen Querschnitte, h von der Faserlänge; es muss also das ganze Product abhängig sein von einem Producte, welches ich erhalte, wenn ich die Länge der Fasern mit dem physiologischen Querschnitte multiplicire. Dann erhalte ich aber nichts Anderes, als das Volum der sich contrahirenden Muskelmasse; mit andern Worten die Arbeit

welche ein Muskel leistet, ist seinem Volum, seiner Grösse, proportional. Je nach der Art der Leistung aber, welche von dem Muskel verlangt wird, ist er verschieden gebaut. Wenn seine Hubhöhe eine bedeutende sein soll, so liegen die Fasern einfach geradlinig neben einander, wenn dagegen eine bedeutende Last nur um ein Geringes bewegt werden soll, so hebt an ihr ein Muskel, der gefiedert oder doppeltgefiedert ist, d. h. ein Muskel, welcher eine grosse Anzahl von relativ kurzen Fasern hat. Das finden wir im ganzen Körper bewahrheitet. Wenn wir z. B. die Augenmuskeln ansehen, welche den nach allen Seiten hin äquilibrirten Bulbus innerhalb bedeutender Amplituden bewegen sollen, so finden wir, dass in denselben die Fasern einfach neben einander liegen, wie im Hyoglossus des Frosches, wenn wir aber damit den M. gastrocnemius vergleichen, so finden wir, dass derselbe eine innere Sehne hat, dass er auch eine äussere Sehne hat, und dass die Muskelfasern schräg gestellt, viel kürzer sind, als das Aeussere des Muskels auf den ersten Anblick glauben lässt, dass sie dafür aber in viel grösserer Anzahl vorhanden sind, so dass der physiologische Querschnitt des Gastrocnemius viel grösser ist, als der anatomische Querschnitt desselben. Der Gastrocnemius soll den ganzen Körper an einem verhältnissmässig kurzen Hebel, an dem Hebel, welchen ihm das Fersenbein liefert, oftmals hinter einander heben können. Mit dieser Betrachtung fällt auch alles das zusammen, was man sonst über die ungünstigen Hebelverhältnisse am menschlichen Körper gesagt hat. Man hat sich immer gefragt: Warum arbeiten denn die Muskeln, sie mögen die Knochen bewegen wie einen einarmigen oder wie einen doppeltarmigen Hebel, immer an verhältnissmässig kurzen Hebelarmen, während die Last an dem langen Hebelarme aufgehängt ist; der Mensch würde ja viel stärker sein, wenn seine Muskeln an dem langen Hebelarme wirkten und die Last an dem kurzen u. s. w. Man hat aber hiebei nicht bedacht, dass das, was an Kraft gewonnen würde, an Geschwindigkeit wieder verloren ginge, und andererseits haben erst die Untersuchungen von Ed. Weber gezeigt, dass diese anscheinend ungünstigen Hebelverhältnisse wiederum compensirt sind in den Muskeln.

Ed. Weber hat nun auch die Leistung der Muskeln innerhalb des menschlichen Körpers, namentlich die absolute Kraft derselben zu bestimmen gesucht. Er wählte hiezu die Wadenmuskeln, indem er nach der Methode, welche ich vorhin besprochen habe, den physiologischen Querschnitt derselben bestimmte. Er bestimmte ihn an mehreren Leichen und übertrug die erhaltene Grösse auf lebende Individuen. Um das Gewicht zu finden, welches die Wadenmuskeln heben können, stellte er den Menschen, der zum Experimente diente, mit beiden Füssen auf ein festes Lager. Zwischen den Beinen ging ein Balken durch, der auf der einen Seite einen festen Punkt hatte, um welchen er drehbar war, indem er mit einer aufstehenden Kante in eine Rinne eingriff. Der Mensch hatte einen Gürtel um den Leib, und von diesem ging ein Strick herunter, der unten an einen Haken befestigt wurde, der in den Balken eingeschraubt war. Auf dem Balken befand sich ein Laufgewicht, welches verschoben werden und nach rückwärts weiter hinaus gesetzt werden konnte. Wenn das Individuum sich nun auf die Ballen seiner beiden Füsse zu erheben suchte, musste es mittelst des Strickes den Balken von seiner Unterlage heben. Das Laufgewicht wurde jetzt so weit hinaus-

gesetzt, dass das Individuum nur eben noch im Stande war sich um ein Geringes auf der Unterlage zu erheben. Durch Messungen dieser Art, die an mehreren Personen angestellt wurden, wurde die absolute Kraft der Wadenmuskeln ermittelt und hieraus nach dem gefundenen physiologischen Querschnitte die Grösse derselben für den Quadratcentimeter Querschnitt berechnet. Schon Weber fand die absolute Kraft hier grösser als er sie beim Frosche gefunden hatte, er fand 700 Gramm bis 1087 Gramm für den Quadratcentimeter. Später haben Henke und Koster noch viel grössere Zahlen erhalten, indem sie für den Unterschenkel 5,9 Kilogramm und für die Muskeln des Armes 8 Kilogramm fanden. Es ist nun wohl kein Zweifel, dass ein Theil dieser Differenz auf Rechnung der Verschiedenheit der Individuen kommt, denn es ist bekannt, dass verschiedene Individuen mit einer anscheinend gleich gut entwickelten Muskulatur, doch sehr verschieden stark sind; andererseits muss ich aber hinzufügen, dass auch Henke und Koster ihre Rechnungen auf andere mechanische Anschauungen gegründet haben, als Weber, und dass daraus auch ein grosser Theil der Differenz zu erklären ist.

Die Muskeln nach dem Tode.

Wenn ein Thier stirbt, so erlischt bekanntermassen die Contractilität der Muskeln nicht sofort. Die Muskeln bleiben noch längere Zeit nach dem Tode reizbar, und zwar ist diese Zeit sehr verschieden je nach der Natur des Thieres, und je nach den äusseren Umständen, unter denen sich die Muskeln befinden. Am längsten nach dem Tode bleiben die Muskeln der Amphibien reizbar, die Muskeln der Schildkröten findet man noch 8 bis 10 Tage nach dem Tode reizbar, und nahezu ebensolange können unter günstigen Verhältnissen die Muskeln der Frösche ausdauern. Schon viel kürzere Zeit dauert die Reizbarkeit nach dem Tode bei den Fischen und am kürzesten bei den warmblütigen Thieren und unter diesen bei den Vögeln am kürzesten.

Die Muskeln leben am längsten nach dem Tode nicht etwa bei der Temperatur des menschlichen Körpers, sondern bei einer Temperatur, welche sich nicht viel über 0° Grad erhebt. Eine Temperatur unter 0° ist ungünstig, weil die Muskeln dann gefrieren. Auch die verschiedenen Muskeln des Körpers verlieren ihre Reizbarkeit nicht zu gleicher Zeit: am frühesten die des Stammes, die Nackenmuskeln, die Rückenmuskeln und die Kaumuskeln, dann die Muskeln der oberen und der unteren Extremität; am längsten reizbar bleibt, wie schon Haller wusste, der rechte Vorhof, speciell das rechte Herzrohr, welches deshalb als das ultimum moriens Halleri bezeichnet wird.

Wenn die Muskeln ihre Reizbarkeit verlieren, so geht noch eine anderweitige Veränderung mit ihnen vor, sie verlieren ihre Weichheit, ihre Dehnbarkeit, sie werden starr und widerstandsfähig, zuletzt in solchem Grade, dass man namentlich bei starken und muskulösen Individuen einen Arm, der gebeugt ist, nur mit Schwierigkeit strecken kann, und einen gestreckten Arm nur mit Schwierigkeit beugen kann. Deshalb geschieht es, dass man den Verstorbenen gleich nach dem Tode entkleidet, weil man weiss, dass nach längerer Zeit die Leiche starr ist, und man die Kleider nicht mehr herunterbringen würde, dass man sie herunterschneiden müsste.

Diesen Zustand, der so in den Leichen eintritt, bezeichnet man mit dem Namen der Todtenstarre, des rigor mortis. Die Todtenstarre tritt, wie gesagt, dann ein, wenn die Muskeln ihre Reizbarkeit verlieren, also Alles, was vorhin über das Aufhören der Reizbarkeit gesagt worden ist, lässt sich unmittelbar auf das Eintreten der Todtenstarre anwenden. Die Todtenstarre tritt am spätesten bei den Schildkröten, demnächst bei den Fröschen ein, sie tritt am schnellsten ein bei den warmblütigen Thieren und unter diesen am schnellsten bei den Vögeln, sie tritt schneller ein, wenn die Leichen in warmer Temperatur aufbewahrt werden, als wenn sie sich im kalten Raume befinden, sie entwickelt sich nicht in allen Theilen gleichzeitig, zuerst in den Nackenmuskeln, und in den Muskeln des Stammes u. s. f.

Die Todtenstarre umfasst alle muskulösen Gebilde, so dass nicht nur in den willkürlichen, sondern auch in den unwillkürlichen Muskeln, Todtenstarre eintritt, wenn sie in ihnen auch weniger merklich ist als in den willkürlichen, schon wegen ihrer geringeren Masse.

Die Todtenstarre rührt her von der Ausscheidung eines Eiweisskörpers in den Muskeln, welchen wir mit dem Namen des Muskelfibrins bezeichnen, weil er freiwillig und bei gewöhnlicher Temperatur gerinnt. Nachdem man schon aus den äusseren Umständen und Erscheinungen, welche sich bei der Todtenstarre wahrnehmen liessen, erschlossen hatte, dass dieselbe von dem Gerinnen eines Eiweisskörpers herrühre, hat Kühne diesen Eiweisskörper zuerst dargestellt, er hat ihn zuerst ausserhalb der Muskeln gerinnen lassen. Hiezu war es nöthig, dass man den Muskel ausspritzt und ihn dadurch vom Blute befreit. Wenn man ihn aber mit Wasser ausspritzt, so geräth er sofort in Tetanus und wird todtenstarr. Man hält das Wasser gewöhnlich für eine indifferente Flüssigkeit, man bringt es ohne Weiteres auf alle Wunden, man bringt es auf die Querschnitte durchschnittener Muskeln u. s. w.; für die Muskeln ist aber das Wasser, auch das destillirte, und gerade dieses am meisten, keineswegs ein indifferentes, sondern ein im höchsten Grade zerstörendes Medium. Da, wo die Muskelfasern mit Wasser in Berührung kommen, sterben sie augenblicklich unter fibrillären Zuckungen ab, und wenn man sie mikroskopisch untersucht, so findet man, dass die sarcous elements zerstört sind. Es gibt aber eine andere Flüssigkeit, in welcher sich die Muskeln sehr gut erhalten, viel besser als in destillirtem Wasser — was übrigens nichts sagen will, denn sie erhalten sich z. B. in einer concentrirten Lösung von arseniger Säure oder in einer Borsäurelösung besser als in Wasser — und diese Flüssigkeit ist die einprocentige oder, noch genauer gesagt, die $^{3}/_{4}\%$ oder $0{\cdot}6\%$ Kochsalzlösung. Es würde also viel zweckmässiger sein auf die Muskelwunden niemals Wasser anzuwenden, sondern immer eine Lösung von $0{\cdot}6\%$ Kochsalz, wenn nicht der Uebelstand wäre, dass das Wasser verdunstet, und nun eine concentrirtere Kochsalzlösung zurückbleibt, welche ihrerseits feindlich auf die Muskelsubstanz und auf die Nerven einwirkt. Einer solchen verdünnten Kochsalzlösung bediente sich Kühne um das Blut aus den Muskeln auszuspritzen. Er konnte dadurch einen lebenden und vollständig blutfreien Muskel erhalten. Diesen presste er unter der Schraubenpresse aus und erhielt eine Flüssigkeit, aus welcher sich das Muskelfibrin ausschied, derjenige Körper, welcher sich sonst nach dem Tode innerhalb des Muskels ausscheidet, und welcher den

Muskel fest, consistent macht und durch seine Ausscheidung die Erscheinungen der Todtenstarre zu Wege bringt.

Mit diesen fibrösen Ausscheidungen hängt es auch zusammen, dass der Körper immer todtenstarr wird in derjenigen Lage, in welcher er sich eben befindet. Wenn man einen Arm streckt, so wird er in gestreckter Lage todtenstarr, wenn man einen Arm beugt, wird er in gebeugter Lage todtenstarr. Das ist der Grund, weshalb man die Leichen nach dem Tode zurechtlegt, damit sie in einer bestimmten Lage starr werden, dass man ihnen Münzen auf die Augen legt, ein Buch unter den Unterkiefer schiebt, damit die Augen und der Mund geschlossen seien u. s. w.

Ganz jedoch wird die Stellung nicht eingehalten. Es beginnen nämlich im Verlaufe der Entwickelung der Todtenstarre langsame Bewegungen, welche zuerst von Sommer beobachtet worden sind, und welche deshalb die Sommer'schen Bewegungen heissen. Diese setzen sich auch, wie Storoscheff gezeigt hat, noch fort, nachdem die Starre sich schon vollkommen entwickelt hat. Sie bestehen darin, dass der Arm im Ellbogengelenk etwas gebeugt wird, dass die Finger etwas gekrümmt werden, und der Daumen etwas nach innen gezogen wird, kurz diese Bewegungen sind immer solche, dass man sieht, die stärkeren Muskeln überwiegen ihre schwächeren Antagonisten. Da am Arme und an der Hand die Beuger die Strecker überwiegen, so tritt eine geringe Beugung im Ellbogengelenk und eine geringe Krümmung der Finger ein. Diese Bewegungen haben ihren Grund in Verkürzungen der sterbenden und todten Muskeln. Wenn man in einen todtenstarr gewordenen Muskel einen tiefen Querschnitt hineinmacht, so wird dieser Schnitt nach und nach keilförmig, es ziehen sich die Wundlippen etwas zurück und in der Tiefe der Schnittfurche sammelt sich eine kleine Menge von Flüssigkeit an. Letztere Erscheinung scheint indess unwesentlich zu sein, denn sie fehlt häufig und zeigt sich, wo sie vorkommt, erst so spät, dass man sie nicht mehr mit den Ursachen der Sommer'schen Bewegungen in Zusammenhang bringen kann. Es scheint, dass während des Gerinnungsprocesses und durch den Gerinnungsprocess selbst sich ein Spannungszustand entwickelt, vermöge dessen sich der Muskel zusammenzieht. Er zieht sich dabei nicht in allen Richtungen zusammen, wie das geronnene Blutfibrin, sondern nur in der Längsrichtung; in der Quere wird er dicker.

Es ist mehrfach behauptet worden, dass Muskelcontractionen, welche während des Lebens stattfinden, unmittelbar in die Todtenstarre übergehen könnten. Es ist behauptet worden, dass bei dem Tetanus die krampfhafte Starre unmittelbar in die Todtenstarre übergehe, ohne ein dazwischenliegendes Erschlaffen. Es ist das nach neueren, besseren Beobachtungen nicht richtig. Die Muskeln werden nur, wenn ein Individuum an Tetanus stirbt, sehr früh todtenstarr: denn die Muskeln verlieren ihre Reizbarkeit um so früher und sterben um so früher ab, je mehr sie vor dem Tode durch Contractionen erschöpft worden sind. Ich habe z. B. bei Kaninchen, welche ich so mit Strychnin vergiftet hatte, dass sie noch mehrere Krampfanfälle vor dem Tode bekamen, die Todtenstarre schon 10 Minuten nach dem Tode des Thieres eintreten gesehen: aber ich habe niemals gesehen, dass ein Tetanusanfall unmittelbar in

die Todtenstarre übergegangen wäre: es war immer ein freies Intervall von näherungsweise 10 Minuten.

Es ist ferner in neuester Zeit wieder die Behauptung aufgetaucht, dass Muskelcontractionen unmittelbar in die Todtenstarre übergingen. Es ist dieselbe mitgebracht von Kriegschirurgen aus dem amerikanischen und dem letzten deutsch-französischen Kriege. Sie haben Leichen in eigenthümlichen Stellungen aufgefunden, von denen sie glaubten, dass es gerade diejenigen Stellungen seien, welche die Individuen unmittelbar vor dem Tode angenommen hatten. Es ist nirgendwo der Beweis geführt, dass dies wirklich dieselben Stellungen waren, und andererseits kann man Thiere auf irgend welche Weise und in irgend welcher Lage tödten; es ist ganz gleich, es tritt immer erst ein Stadium der Erschlaffung ein, und dann werden die Thiere starr in derjenigen Lage, in welche man sie hineinbringt. Ich habe niemals, weder an einem Thiere noch an einem Menschen, etwas gesehen, was von diesem Gesetze abgewichen wäre.

Räthselhafter als die Skeletmuskeln ist mir in dieser Hinsicht der Zustand des Herzens erschienen. Man findet nämlich in den Leichen, wenn man eine grosse Menge von Herzen untersucht, dieselben in sehr verschiedenen Zuständen. Bei weitem die Mehrzahl der Herzen findet man in der Leiche in vollständig erschlafftem Zustande vor, mit Blut gefüllt oder weniger mit Blut gefüllt und dann abgeplattet, kurz in ganz passiven Formen starr geworden. Dann findet man aber dazwischen Herzen, welche, wenn auch nicht gerade vollständig, doch nahezu den systolischen Zustand repräsentiren, indem ihre Ventrikel eng sind, ihr Muskelfleisch dick ist u. s. w., ohne dass sonst an dem Herzen irgend etwas Anomales zu finden wäre, so dass man berechtigt wäre an eine concentrische Hypertrophie zu denken.

Das Aufhören der Todtenstarre rührt davon her, dass durch die beginnende Fäulniss ein Theil des ausgeschiedenen Fibrins sich wieder verflüssigt. Die Todtenstarre löst sich also um so früher, je früher der Fäulnissprocess eintritt, sie löst sich früher in höherer Temperatur als in niederer, sie löst sich früher in Leichen, welche zur Fäulniss geneigt sind, als in solchen, die derselben längere Zeit widerstehen. Es muss übrigens bemerkt werden, dass sich immer das ausgeschiedene Fibrin nur theilweise verflüssigt, dass die Muskeln niemals wieder die Weichheit bekommen, welche sie während des Lebens und unmittelbar nach dem Tode haben.

Nur in den Anfängen der Todtenstarre lässt sie sich wieder lösen und lässt sich der Muskel wieder reizbar machen, und zwar in den allerersten Stadien dadurch, dass man Blut wieder durch die Gefässe des Muskels circuliren lässt: dann verliert sich die beginnende Starre, der Muskel fängt wieder an reizbar zu werden. Wenn er aber stärker starr geworden ist, und namentlich, wenn er schon saure Reaction angenommen hat — Sie wissen, dass sich das Glycogen und der Inosit des Muskels theilweise in Milchsäure umwandeln — da geht es auf diesem Wege allein nicht mehr. Preyer hat es indessen dahin gebracht, auch in einem späteren Stadium die Muskeln noch zu beleben. Es löst sich nämlich das Fibringerinnsel in der ersten Zeit noch wiederum durch Kochsalzlösung; er behandelt also einen solchen Muskel mit Kochsalz-

lösung, löst dadurch das Fibrin auf, und dann lässt er Blut hindurch circuliren, und hierdurch macht er ihn wieder reizbar, so dass er den Muskel, der thatsächlich todtenstarr gewesen ist, noch wiederum zum Functioniren bringt.

Der Eiweisskörper, welcher sich allmälig nach dem Tode ausscheidet und die Todtenstarre hervorbringt, das Muskelfibrin, scheidet sich plötzlich aus bei kaltblütigen Thieren, wenn die Muskeln auf 40° erwärmt werden, bei warmblütigen Thieren und beim Menschen, wenn die Muskeln auf 45° erwärmt werden. Wenn aber Froschmuskeln auf 45° und Säugethiermuskeln auf 50° erwärmt werden, so scheidet sich noch ein Eiweisskörper aus, der sich auch in dem ausgepressten Muskelsafte durch Erwärmung auf 50° nachweisen lässt. Hierdurch wird noch eine stärkere Starre erzeugt, die sogenannte Wärmestarre. Man kann dieselbe auch am lebenden Thiere erzeugen. Wenn man einem Frosche die Hinterbeine zusammenbindet und dieselben in Wasser von einer Temperatur von 45° bis 50° hineinsteckt, und sie eine Weile darin lässt, so werden die Beine vollkommen starr, und zwar starrer als die eines todtenstarren Frosches, weil jetzt nicht nur das eigentliche Muskelfibrin geronnen ist, sondern auch dieser bei 45° gerinnende Eiweisskörper. Dabei lebt der Frosch noch, schwimmt im Wasser umher, schleppt aber die Hinterbeine wie ein paar Stöcke nach.

Wenn man den ausgepressten Muskelsaft noch weiter erwärmt, erfolgen noch partielle Eiweissausscheidungen, bis zu einer Temperatur von 70° bis 80°, wo das gewöhnliche lösliche Eiweiss vollständig gerinnt, und nun bei weiterer Temperaturerhöhung keine weitere Ausscheidung erfolgt. Ausser dem Muskelfibrin, das sich freiwillig ausscheidet beim Absterben des Muskels, kommt also im Muskelsafte noch eine Reihe von Eiweisskörpern vor, welche sich bei verschiedenen Temperaturen von 50° bis 70° ausscheiden, und von denen eben das zuletzt sich ausscheidende, dem löslichen Eiweiss, wie es sich im Blutserum, im Hühnerei u. s. w. vorfindet, am meisten entspricht.

Die electrischen Ströme, welche aus den Muskeln abgeleitet werden können.

Die ersten erfolgreichen Schritte auf dem Gebiete der Muskelelectricität wurden von Galvani gemacht. Es zeigte sich, dass Froschpräparate, welche sich in der Nähe des geladenen Conductors einer Electrisirmaschine befanden, zuckten, wenn man Funken aus dem Conductor zog, während die Froschpräparate mit dem Erdboden in leitender Verbindung standen. Diese Erscheinung erklärt sich einfach nach der Theorie des Rückschlages. Durch die Ladung des Conductors, wir nehmen an mit $+E$, wurde eine gewisse Quantität von $-E$ aus dem Froschpräparate gebunden, und das Aequivalent an $+E$ wurde abgeleitet. Es hatte also eine electrische Vertheilung im Froschpräparate stattgefunden. Jetzt wurde aus dem Conductor ein Funke gezogen und ihm ein Theil seines $+E$ entzogen: der Rest von $+E$ konnte nicht mehr das ganze $-E$ binden, welches früher gebunden war; nach der gewöhnlichen dualistischen Anschauung von diesem Vorgange mussten sich also $+E$ und $-E$ vereinigen und dadurch einen Strom geben, vermöge

dessen das Froschpräparat zuckte. Es ist also an diesen Beobachtungen an und für sich nichts von thierischer Electricität. Galvani kannte aber damals die Theorie des Rückschläges noch nicht. Es fiel ihm deshalb diese Erscheinung in hohem Grade auf, er hielt sie für eine Aeusserung thierischer Electricität, und sie veranlasste ihn, mit grossem Eifer über die electrischen Wirkungen von Muskeln und Nerven zu experimentiren. Er fand, dass man bei sehr empfindlichen Froschpräparaten eine Zuckung bekommt, wenn man den Nerven eines Muskels mit letzterem durch einen metallischen Bogen verbindet. Volta wies aber nach, dass es nach den bisher bekannten Thatsachen wahrscheinlich sei, dass die electrischen Differenzen mehr in den leitenden Bögen und in deren Berührungsstellen mit den thierischen Theilen zu suchen seien, als in den thierischen Theilen selbst. Galvani war deshalb eifrig bemüht, den metallischen Schliessungsbogen ganz zu vermeiden, und dies gelang ihm auch, indem er den Nerv über einen Glasstab hinüber legte und ihn auf den Muskel herabfallen liess; dann trat bei empfindlichen Präparaten eine Zuckung ein, und dies war, wie wir später sehen werden, die erste wahre thierisch-electrische Erscheinung, welche beobachtet worden ist.

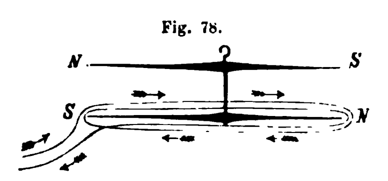
Später, als Oerstedt die Ablenkung der Magnetnadel durch den electrischen Strom nachgewiesen hatte, construirten Schweiger und Poggendorff sogenannte Multiplicatoren, das heisst sie führten den Strom in einem aufgewundenen Drahte sehr oft an der Magnetnadel vorüber und erzielten dadurch eine viel stärkere Wirkung, so dass jetzt die Magnetnadel als ein empfindliches Reagens für einen vorhandenen Strom dienen konnte. Eines solchen Multiplicators bediente sich Nobili, um die thierischen Theile auf ihre Electricität näher zu untersuchen, und er fand, dass, wenn er Wirbelsäule und Füsse eines nach Galvani's Vorschrift präparirten Frosches in zwei Gefässe mit Salzlösung tauchte, welche mit den Drahtenden eines Multiplicators verbunden waren, sich eine Ablenkung der Magnetnadel zeigte, welche einen Strom angab, der im Schliessungsdrahte vom Kopfe nach den Füssen des Frosches gerichtet war. Dieses ist der sogenannte Nobilische Froschstrom, der, wie wir später sehen werden, nur die Resultante von den verschiedenen Strömen ist, welche aus den einzelnen Muskeln des Frosches abgeleitet werden. Durch die weiteren Bemühungen von Nobili, von Matteucci und besonders von Emil du Bois Reymond ist jetzt dieses Gebiet zu einem hohen Grade von Entwickelung gelangt, und wir wollen uns zunächst mit den namentlich durch du Bois vervollkommten Instrumenten beschäftigen, mit deren Hilfe die weiteren Resultate erlangt worden sind. Beginnen wir mit derjenigen Form und Anordnung, deren sich du Bois bediente, als er seine grundlegenden Entdeckungen machte.

Der Multiplicator.

Die Magnetnadel des Multiplicators, wie er zu thierisch-electrischen Versuchen gebraucht wird, ist eine astatische Doppelnadel, das heisst es werden durch ein Zwischenstück von Schildpatt oder von Aluminium zwei gleiche Magnetnadeln so mit einander verbunden, dass der Nordpol der einen Nadel über dem Südpol der andern Nadel steht und umgekehrt.

Das hat den Zweck, die Wirkung des Erdmagnetismus aufzuheben oder doch in hohem Grade abzuschwächen. Eine einfache Magnetnadel stellt sich bekanntlich in den magnetischen Meridian, mit ihrem Gen-Nord-Pol nach Norden, mit ihrem Gen-Süd-Pol nach Süden weisend, und wird durch die Wirkung des Erdmagnetismus in dieser Lage festgehalten, so dass schwache electrische Ströme nur eine geringe Ablenkung hervorbringen. Um also die Wirkung des Erdmagnetismus zu compensiren, verbindet man mit einer Magnetnadel eine ebenso starke zweite in umgekehrter Polrichtung. Es wird dann, wenn die magnetischen Kräfte in beiden Nadeln einander wirklich genau die Wage halten, das System gar keine Richtkraft haben. Was geschieht nun, wenn ich um dieses System einen Strom so herumleite, dass die Windungen des Drahtes, in welchen der Strom circulirt, um die untere Nadel herumgehen, und die obere Nadel frei über den Windungen schwebt? Um das zu verstehen, muss man sich an das Gesetz der Ablenkung der Nadel aus ihrer Gleichgewichtslage erinnern. Nach dem bildlichen Ausdrucke Ampère's wird der Nordpol immer abgelenkt zur linken Hand eines Männchens, welches man sich mit dem Gesichte gegen die Nadel gewendet in dem Strome und mit dem Strome schwimmend denkt. Fig. 78 stelle schematisch das Nadelpaar und die Drahtwindungen dar; die Pfeile sollen die Stromrichtung angeben. Wir wollen uns zunächst das Männchen unter den Nadeln und mit dem Gesichte gegen dieselben gewendet in dem Strome und mit dem Strome schwimmend denken. Dann streckt es seine linke Hand zur Ebene des Papiers hinein. Der unter den Nadeln liegende Theil der Windungen wirkt also auf beide Nadeln in entgegengesetzter Richtung, indem er beide Nordpole nach unserer Zeichnung in das Papier hineindrängt. Die Wirkungen heben also einander auf, nur ist die Wirkung auf die untere Nadel wegen der grösseren Nähe stärker. Anders verhält es sich mit dem Theile der Windungen, der zwischen den beiden Nadeln liegt. Denken wir uns in ihm das Männchen zuerst mit seinem Gesichte gegen die untere Nadel gewendet. Da wird es seine linke Hand wieder in das Papier hineinstrecken, es wird also der Nordpol der unteren Nadel durch diesen Theil der Windungen auch in das Papier hineingedrängt werden. Um nun ihre Wirkung auf die obere Nadel zu ermitteln, kehren wir das Männchen um, so dass es sein Gesicht gegen die obere Nadel wendet. Dann streckt es seine linke Hand uns entgegen und zum Papier heraus. Der zwischen den Nadeln liegende Theil der Windungen drängt also den Nordpol der oberen Nadel uns entgegen und zum Papier heraus. Er wirkt also auf beide Nadeln gleichsinnig. Während also die Wirkungen des Erdmagnetismus auf beide Nadeln einander aufheben, wird das Nadelpaar von einem Strome in den Drahtwindungen in einem durch die Stromrichtung bestimmten Sinne abgelenkt und findet hierbei keinen, oder einen doch bis auf einen beliebig kleinen Werth zu verringernden Widerstand von der Richtkraft des Erdmagnetismus.

Fig. 78.



Die Wirkung auf die Nadel fällt bei ein und derselben Stromstärke um so grösser aus, je grösser die Anzahl der Windungen ist. Andererseits wird aber durch die Vermehrung der Windungen der Leitungswiderstand vergrössert und so die Stromstärke herabgedrückt. Bei der Untersuchung von Thermoströmen arbeitet man deshalb mit Multiplicatoren, die nur wenige Windungen von verhältnissmässig dickem Draht haben, weil hier, wo die Kette ganz aus Metallen besteht, bei dem geringen wesentlichen Widerstande die Vermehrung des ausserwesentlichen Widerstandes mehr schadet, als durch die weitere Vermehrung der Windungen genützt wird. Da bei unsern Versuchen aber die Kette aus relativ schlecht leitenden thierischen Theilen besteht, also der wesentliche Widerstand schon an und für sich gross ist, so kommt es uns nicht darauf an auch den ausserwesentlichen Widerstand zu vergrössern, wenn wir dadurch in die Lage gesetzt sind, den Strom öfter um die Nadel herumzuführen. Wir werden also eine sehr grosse Menge von dünnem besponnenem Kupferdraht auf ein Gestell so aufwickeln, dass die untere Nadel so zwischen den Windungen schwebt, wie es in dem Schema Fig. 78 angedeutet ist. Ein solcher Multiplicator muss viele tausend Windungen haben, damit er empfindlich genug sei nicht nur für die Ströme, welche von Muskeln abgeleitet werden, sondern auch für die schwerer nachweisbaren, welche von den Nerven abgeleitet werden. Um der Nadel, welche an einem Coconfaden aufgehängt ist, einen grösseren oder geringeren Grad von Richtkraft geben zu können, befindet sich auf dem messingenen Schnabel, *ox* Fig. 79, ein sehr kleiner Magnet, welcher dem Pole der oberen Nadel genähert und von demselben entfernt und auch seitlich verschoben werden kann. Eines solchen Hilfsmittels bediente sich schon Nobili, aber er wendete einen grösseren Magnet an, den er in einem Halter befestigte und diesen in grösserer Entfernung von dem Multiplicator aufstellte.

Fig. 79 *).



Fig. 79 zeigt den Multiplicator in seiner Aufstellung mit dem Glassturze, welcher ihn bedeckt, um ihn vor Luftströmungen und vor Staub zu schützen. Unter den kleinen Knäufen *r r* befinden sich kleine

*) Fig. 79 ist im Wesentlichen aus J. Rosenthal's Electricitätslehre für Mediciner (Berlin bei Hirschwald) entnommen.

vorspringende Glimmerstückchen, die sogenannten Hemmungen, an welche die Nadel anschlägt, wenn sie einen Impuls erhält, der sie sonst über 90⁰ hinausgetrieben hatte. Die Schraube *m* dient dazu, das Azimuth der Aufstellung zu reguliren. Die Drähte *n* und *n*, führen von den Multiplicatorwindungen zum Muskel.

Zuleitungsgefässe und Electroden.

Wenn man diese Drähte unmittelbar mit den thierischen Theilen in Verbindung bringen würde, so würde man Ströme erhalten, welche freilich sehr kräftig auf die Nadel wirken, welche aber zum grössten Theile mit dem eigentlichen Muskelstrome, welchen wir suchen, nichts zu thun haben, sondern lediglich Folge der electrischen Differenzen sind, welche sich an den Drahtenden vorfinden. Selbst wenn man an den Drahtenden Platinplatten anbringt und mit diesen die thierischen Theile berührt, so ist das noch nicht hinreichend. Man muss erst die Platinplatten in eine leitende Flüssigkeit tauchen, wozu sich du Bois der concentrirten Kochsalzlösung bediente. Man muss in diese Flüssigkeit Papierbäusche hineinsetzen, welche sich mit derselben infiltriren, und damit die Kochsalzlösung die thierischen Theile nicht anätzt, muss man den Rand des Bausches, welchen man mit den thierischen Theilen in Berührung bringen will, mit kleinen Stückchen Blase, die in Hühnereiweiss aufgeweicht sind, bedecken.

Wenn man nun aber das Ganze zusammengesetzt hat und durch einen Papierbausch schliesst, welcher in Kochsalzlösung getränkt ist, so bekommt man noch Wirkungen, welche die Nadel zu einem grösseren oder geringeren Ausschlage im einen oder anderen Sinne treiben. Das rührt davon her, dass noch bedeutende electrische Differenzen in dem Stromkreise vorhanden sind. Um diese auszugleichen, bedeckt man die Platinplatten mit Fliesspapier, man firnisst sie oben, damit sie immer nur bis zu einer gewissen Höhe benetzt werden, man taucht sie ein und schliesst nun das Ganze durch einen Papierbausch. Dann bekommt man noch immer eine bedeutende Ablenkung, aber nun lässt man das Ganze ruhig stehen, dann wird die Ablenkung immer geringer, und endlich kommt die Nadel auf 0⁰ zurück. Das rührt daher, dass sich auf den Platinplatten durch Electrolyse der Salzlösung die sogenannte secundäre Polarität entwickelt, deren electromotorische Wirkung der primären entgegengesetzt und schliesslich, wenn letztere nicht eine gewisse Grenze übersteigt, genau gleich ist. Darauf beruht es ja auch, dass die gewöhnlichen Ketten keine constanten Ketten sind, sondern dass sie mit der Zeit ihre Wirksamkeit verlieren; sie zersetzen die Flüssigkeiten und die Zersetzungsproducte, die sogenannten Jonen, häufen sich an den Elementen und an den Electroden an und laden dieselben im entgegengesetzten Sinne, so dass dadurch nach und nach die Wirkung der electrischen Differenzen im Stromkreise mehr und mehr aufgehoben wird. Was bei der electrischen Kette im Grossen geschieht, das geschieht hier im Kleinen, indem die kleinen electrischen Differenzen, welche im Stromkreise vorhanden waren, auf die Summe 0 gebracht werden. Dass

dies geschehen ist, davon überzeugt man sich, indem man den Papierbausch wegnimmt und ihn wieder auflegt, wobei die Nadel vollkommen ruhig bleiben muss.

Du Bois' Gesetz des Muskelstromes.

Jetzt ist man im Stande, mit dem Muskel zu experimentiren und zwar in der Weise, dass man von einem gerade gefaserten Muskel, z. B. vom M. gracilis des Frosches, ein Stück nimmt, an welchem zwei künstliche Querschnitte angelegt sind, und es so auflegt, dass auf der einen Seite der Längsschnitt und auf der andern Seite der Querschnitt berührt wird. Man hat, während dies geschehen, noch daneben mit dem Papierbausch geschlossen, der Strom des Muskels geht also noch grösstentheils durch den Papierbausch, weniger durch den Multiplicator. Jetzt nimmt man aber den Papierbausch weg. Nun sieht man, dass die Nadel bedeutend abgelenkt wird, dass sie einen Strom anzeigt, der im Schliessungsdrahte vom Längsschnitte zum Querschnitte des Muskels circulirt. Nimmt man den Muskel weg und legt den Schliessungsbausch auf, so bekommt man eine Ablenkung der Nadel nach der entgegengesetzten Richtung, zum Zeichen, dass der Muskel wirklich als Kette gewirkt hat, denn er hat jetzt die Electroden im entgegengesetzten Sinne polarisirt, er hat Zersetzungsproducte an ihnen angehäuft und auf diese Weise electrische Differenzen im Kreise hervorgerufen, welche vorher nicht vorhanden waren.

Nachdem sich diese Differenzen wieder ausgeglichen haben, die Nadel auf 0 zurückgekommen ist, legt man den Muskel so auf, dass er auf der einen Seite zwar wieder mit dem Längsschnitte, auf der anderen aber mit dem anderen Querschnitte den ableitenden Bausch berührt. Man bekommt nun eine Ablenkung von ungefähr der gleichen Grösse wie vorhin, welche abermals so gerichtet ist, dass sie einen im Draht vom Längsschnitte zum Querschnitte circulirenden Strom anzeigt. Wenn man dagegen den Muskel so auflegt, dass er an beiden Seiten nur mit seinem Querschnitte berührt, so bekommt man keinen Strom.

Wenn man zwei Punkte des Längsschnittes ableitet, welche gleich weit von der Mitte entfernt sind, so bekommt man auch keinen Strom; wenn man aber einen Punkt des Längsschnittes ableitet, welcher der Mitte nahe ist, und einen andern Punkt des Längsschnittes ableitet, welcher dem Querschnitte nahe ist, so bekommt man einen Strom, welcher im Schliessungsdrahte von demjenigen Ende ausgeht, das den Muskel näher zur Mitte ableitet, und hingeht zu dem Ende, welches ihn von der näher zum Ende, zum Querschnitte gelegenen Stelle ableitet. Aber dieser Strom ist viel schwächer als der, den man erhält, wenn man auf der einen Seite mit dem Längsschnitte, auf der andern mit dem Querschnitte aufgelegt hat.

Die electrischen Differenzen der Muskelsubstanz zeigen sich noch an einem Bruchstücke einer Muskelfaser; es ist deshalb nicht unmöglich, dass sie ihren Sitz haben in den kleinsten Elementen des Muskels, in denjenigen Theilen, von welchen die Contractionserscheinungen ausgehen. Als Ganzes betrachtet, verhält sich nach dem Bilde, welches du Bois davon gegeben hat, ein prismatisches Muskelstück wie ein System von

Kupferdrähten, welche auf der Mantelfläche verzinkt und auf dem Ende roth gelassen sind, so dass dadurch ein ähnlicher Gegensatz zwischen Längsschnitt und Querschnitt hervorgerufen ist.

Wenn man statt des künstlichen Querschnittes das natürliche Ende des Gracilis auflegt, bekommt man auch einen Strom, und zwar in fast gleicher Stärke und in der nämlichen Richtung, wie vorhin. Dieser Strom rührt daher, dass die Sehne als ein indifferenter, der Muskelsubstanz aufgelegter Leiter angesehen werden kann, während unter der Sehne die Muskelfasern nach du Bois facettenförmig enden, so dass nach seinem Ausdrucke das sehnige Ende des Muskels als natürlicher Querschnitt zu betrachten ist.

Nicht an allen Muskeln sind die Verhältnisse so einfach, wie bei dem regelmässig gebauten Gracilis. Am Gastrocnemius z. B. sind sie viel verwickelter; allein auch hier kann die Ausbreitung der Achillessehne, welche den Muskelbauch löffelförmig umfasst, als ein indifferenter Ueberzug über darunterliegende natürliche Querschnitte gelten, der deshalb negativ gegen nacktes Fleisch, d. h. gegen den Längsschnitt am Muskelkopfe, ist.

Diese Wahrnehmung gibt den Schlüssel zu der vorerwähnten Zuckung ohne Metalle. Wenn ich den aus dem Oberschenkel herauspräparirten und über einen Glasstab zurückgelegten Nerven so auf den Gastrocnemius fallen lasse, dass er den mit der sehnigen Ausbreitung der Achillessehne bekleideten Theil des Muskels berührt, so stellt sich hier eine Leitung her zwischen Längsschnitt und natürlichem Querschnitt, der Strom geht durch den Muskel und also auch durch den Nerven hindurch und er ist es, welcher, indem er geschlossen wird, die Zuckung veranlasst.

Bei diesem Strome zwischen Längsschnitt und natürlichem Querschnitt zeigt sich aber eine merkwürdige Erscheinung. Man findet, dass er, namentlich an Fröschen, die der Kälte ausgesetzt waren, oft ausserordentlich schwach ist, dass oft kaum eine merkliche Nadelablenkung entsteht. Wenn aber die sehnige Ausbreitung angeätzt oder einem anderweitigen Insulte ausgesetzt wird, so tritt der Strom plötzlich in seiner ganzen Stärke hervor. Du Bois leitet dies ab von einer Schichte der Muskelsubstanz, welche sich unmittelbar unter der Sehne befindet und in ihren Molekülen so angeordnet ist, dass sie dem ursprünglichen Strome entgegenwirkt, ihn unwirksam macht. Er bezeichnet diese Schicht mit dem Namen der parelectronomischen Schicht, und die Aetzung, die Insulte wirken nach ihm dadurch, dass sie diese parelectronomische Schicht unwirksam machen und nun den ursprünglichen Strom zwischen Längsschnitt und Querschnitt hervortreten lassen.

Stromschwankung im Reizungszustande.

Bis jetzt haben wir nur von dem Strome des ruhenden Muskels gesprochen. Der Muskelstrom erleidet aber eine wesentliche Veränderung durch Reizung des Muskels zur Zusammenziehung. Wenn man den Muskel auflegt und seinen Nerven über die Electroden eines Neef'schen Magnetelectromotors oder eines magnetelectrischen Rotationsapparates, einer Saxton'schen Maschine hinüberbrückt, und nun, nachdem die Nadel eine feste Stellung eingenommen hat, den Muskel mittelst der Schläge des Inductionsapparates vom Nerven aus tetanisirt, so geht die Nadel zurück.

Es zeigt sich hier also eine Abnahme des Muskelstromes unter dem Einflusse der Reizung. Du Bois wies bereits nach, dass diese Stromabnahme im Tetanus nicht von einer Formveränderung des Muskels herrührt, indem sie noch auftrat, wenn der Muskel auch so befestigt war, dass er sich nicht thatsächlich zusammenziehen konnte, sondern dass er nur zur Zusammenziehung gereizt wurde, und Helmholtz wies nach, dass diese negative Stromschwankung sogar eintritt vor der Contraction, in demjenigen Stadium, welches wir durch die Myographionversuche kennen gelernt haben als das Stadium der latenten Reizung. Bernstein hat dann später nachgewiesen, dass, wenn irgendwo ein Muskel local gereizt wird, an dieser Stelle eine negative Stromschwankung hervorgerufen wird, welche sich mit einer Geschwindigkeit von etwas weniger als 4 Meter in der Secunde fortpflanzt, dass sie immer der Contraction vorangeht, und dass ihr in näherungsweise constanter Zeit die Contractionswelle folgt, dass die Contractionswelle annähernd mit derselben Geschwindigkeit über die Länge der Muskelfasern abläuft, wie die negative Stromschwankung.

Diese negative Stromschwankung gibt wieder einen Aufschluss über einen andern interessanten Versuch, über die sogenannte secundäre Zuckung. Denken Sie sich, Sie hätten einen Froschschenkel, welcher enthäutet wäre, und Sie legten der Länge nach über den Gastrocnemius desselben, so dass er rothes Muskelfleisch und Sehne gleichzeitig berührt, den herauspräparirten Nervus ischiadicus eines anderen Froschschenkels, der auch enthäutet sein kann, es aber nicht sein muss: wir wollen zum Unterschiede annehmen, er sei nicht enthäutet. Jetzt reizen Sie den enthäuteten Schenkel von seinem Nerven aus auf irgend eine Art, mechanisch, chemisch oder electrisch; in demselben Augenblicke zuckt auch der zweite Schenkel. Es ist nämlich durch die Zusammenziehung des enthäuteten Gastrocnemius in ihm eine negative Stromschwankung entstanden. Da der Nerv des nicht enthäuteten Schenkels schloss zwischen natürlichem Längsschnitt und natürlichem Querschnitt dieses Muskels, so musste die Stromschwankung nicht allein durch den Muskel des enthäuteten, sondern auch durch den Nerven des nicht enthäuteten Schenkels hindurchgehen, und in Folge davon zuckte auch der letztere. Wenn Sie eine Reihe von Zuckungen hervorbringen, wenn Sie z. B. durch den Neef'schen Magnetelectromotor tetanisiren, so contrahirt sich auch der nicht enthäutete Schenkel, weil bei jedem neuen Inductionsschlage eine neue Stromschwankung in den Muskeln des nicht enthäuteten Schenkels entsteht.

Ein anderer noch viel interessanterer Versuch, der auf der negativen Stromschwankung beruht, ist die Ablenkung der Magnetnadel durch die willkürliche Muskelcontraction eines Menschen. Sie nehmen die Bäusche aus ihren Kochsalzgefässen heraus und stecken statt dessen von jeder Ihrer Hände einen Finger in die Kochsalzlösung hinein, um so durch Ihren Körper den Multiplicatorkreis zu schliessen. Die Nadel wird durch allerlei dabei sich geltend machende electromotorische Unterschiede der Finger einigermassen abgelenkt werden, Sie warten, bis sich diese Differenzen ausgeglichen haben, und die Nadel näherungsweise bis auf den Nullpunkt zurückgekommen ist, dann contrahiren Sie die Muskeln eines Ihrer Arme und lassen die des andern erschlafft; sofort bekommt

die Nadel eine Ablenkung, welche einen Strom anzeigt, der in dem Arme, dessen Muskeln contrahirt sind, aufsteigt, durch die Brust geht und in dem erschlafften Arme absteigt. Du Bois hat das Resultat dieses Versuches bis auf die Richtung des Stromes lange vorhergesagt, ehe die Empfindlichkeit seiner Apparate weit genug gediehen war, um ihm zu erlauben, ihn mit Erfolg anzustellen. Er erklärt ihn folgendermassen. Die Muskeln beider Körperhälften haben ihre Ströme; da sie entgegengesetzt gelagert sind, so compensiren sich deren Resultanten so, dass wenn alle Muskeln in Ruhe sind, der Kreis stromlos ist. Nun contrahirt man die Muskeln des einen Armes. Dadurch tritt negative Stromschwankung ein, und in Folge davon geht ein Strom durch den Körper, welcher in dem Arme, dessen Muskeln contrahirt sind, aufsteigt und in dem Arme, dessen Muskeln nicht contrahirt sind, absteigt, woraus zu schliessen ist, dass im menschlichen Arme der Strom in der Ruhe absteigt.

Spätere Modificationen der Apparate.

In neuerer Zeit haben die Apparate, welche zu thierisch-electrischen Versuchen dienen, mancherlei Veränderungen erlitten, von denen ich hier sprechen muss, nachdem ich Ihnen diejenige Anordnung auseinandergesetzt habe, mit welcher von du Bois die eigentlichen Fundamentalversuche zuerst angestellt worden sind. Diese Veränderungen beziehen sich einerseits auf den Multiplicator und andererseits auf die Zuleitungsgefässe. Beim Multiplicator entsprechen begreiflicher Weise die Ablenkungen nicht den Stromstärken, denn je mehr die Nadel aus ihrer Gleichgewichtslage abgelenkt wird, um so grösser muss die Kraft sein, welche sie noch weiter ablenken soll, und ein unendlich starker Strom könnte auch nicht mehr thun, als die Nadel senkrecht auf die Windungen stellen. Nur bei sehr kleinen Ablenkungen, die an einem solchen Multiplicator wegen des Schwankens der Nadel kaum mit Sicherheit abzulesen sind, sind die Ablenkungen den Stromstärken proportional, weil bei sehr kleinen Winkeln die Sinus und die Tangenten noch proportional den Bögen wachsen.

Um nun sehr kleine Ablenkungen abzulesen, hatte zuerst Poggendorff den Magnet mit einem Spiegel verbunden und in diesem Spiegel liess er sich eine entfernte Theilung abspiegeln, deren Bild dann wieder durch ein Fernrohr beobachtet wurde. Diese Einrichtung, welche Gauss und Weber bei ihren Untersuchungen über den Erdmagnetismus anwandten, ist auch auf unser Instrument übertragen. Statt der astatischen Doppelnadel wird ein Magnet aufgehängt, der entweder einen Spiegel trägt, oder an dem selbst eine spiegelnde Fläche geschliffen ist, es wird eine feste Theilung aufgestellt, und durch ein Fernrohr das Spiegelbild dieser Theilung abgelesen, welches einerseits durch die langen Schenkel des Winkels, andererseits durch die Vergrösserung des Fernrohrs bei äusserst kleinen Bewegungen sehr grosse, durch das Gesetz der Reflexion ohnehin verdoppelte Elongationen im Sehfelde des Fernrohrs macht. Der Magnet pflegt in einer kupfernen Hülse zu hängen, damit die Ströme, welche er in derselben inducirt, seiner jedesmaligen Schwingungsbewegung entgegenwirken und ihn dadurch früher in der neuen Gleichgewichtslage zur Ruhe kommen lassen. Dabei braucht man den zweiten Magnet, welcher den

Erdmagnetismus compensirt, nicht mit dem aufgehängten Magnete in Verbindung zu bringen; man weist ihm seine Stellung fix, oder von unten nach oben verschiebbar darunter, oder in veränderlicher Lage und Entfernung seitlich an, und es ist du Bois gelungen, diesen Magnet auf eine solche Weise anzubringen, dass der schwebende Magnet möglichst bald zur Ruhe kommt. Er geht in der That direct in die neue Gleichgewichtslage über, ohne merkliche Schwingungen um dieselbe zu machen. Es beruht dies auf Anschauungen und Rechnungen, welche ursprünglich von Gauss ausgegangen sind, aber deren praktische Consequenzen früher nicht zur Ausführung kamen.

Es ist die nach den soeben auseinandergesetzten Principien construirte Wiedemann'sche Bussole, welche jetzt am meisten bei electrisch-physiologischen Arbeiten gebraucht wird.

Auch mit den Zuleitungsgefässen sind wesentliche Veränderungen vorgegangen. Es hat sich zunächst gezeigt, dass die Platinplatten mit Kochsalzlösung keineswegs die vortheilhafteste Combination waren, welche man anwenden konnte, es hat sich gezeigt, dass es vortheilhafter ist, statt des Platinbleches amalgamirtes Zinkblech anzuwenden, welches in eine concentrirte Lösung von Zinkvitriol taucht. Diese Combination hat den Vortheil, dass sich, wenn die Platten gut amalgamirt sind, von vorneherein keine redenswerthen Differenzen im Stromkreise zeigen; wenn man mit einem Papierbausch schliesst, der mit einer concentrirten Lösung von Zinkvitriol getränkt ist, so verändert die Nadel ihren Stand nicht. Zweitens aber erweisen sich solche Platten als unpolisirbar. Wenn man den Muskel aufgelegt hat, und man nimmt ihn fort, so sind die Platten in dem früheren Zustande, sie geben, wenn man jetzt mit einem mit Zinkvitriollösung durchfeuchteten Papierbausche schliesst, keinen Ausschlag in entgegengesetzter Richtung.

Statt der mit Eiweiss getränkten Blasenstücke, durch die man sonst die thierischen Theile vor dem Angeätztwerden durch die Salzlösung der Bäusche schützte, wendet man jetzt vielfältig Thon an, welcher mit dreiviertelprocentiger Steinsalzlösung angeknetet ist. In solcher Lösung erhalten sich nach Kölliker's Erfahrung Muskeln und Nerven so lange leistungsfähig, wie in dem der Circulation beraubten Körper selber und werden demgemäss auch durch längere Berührung mit dem damit angekneteten Thone in ihren electromotorischen Eigenschaften nicht verändert.

Statt der in Thon- oder Glasgefässen stehenden Bleche wendet man jetzt meistens nach du Bois Vorgang als Electroden Zinkgefässe an, die inwendig amalgamirt sind, und die mit concentrirter Lösung von Zinkvitriol gefüllt sind. Nur um an einzelne Stellen des Muskels besser herankommen zu können, benützt man noch Bleche, die dann, lang und schmal geschnitten, in entsprechend weiten, platten Glasröhren stecken, welche mit einer Zinkvitriollösung gefüllt sind. Vorn knetet man einen konischen Knopf aus Thon an, der mit verdünnter Kochsalzlösung angemacht ist. Indem diese Electroden mittelst Kugelgelenken frei im Raume beweglich gemacht werden, kann man ohne den Muskel selbst in seiner Lage zu verändern, hintereinander verschiedene Stellen seiner Oberfläche ableiten und so seinen electrischen Zustand innerhalb eines Gebietes von wenigen Quadratmillimetern erforschen.

Electromotorische Kraft des Muskels.

Auch die electromotorische Kraft des Muskels ist untersucht worden. Ueber sie erfährt man durch die einfachen Multiplicatorversuche nichts; man erfährt bestenfalls, wenn nämlich der Multiplicator graduirt, oder das Gesetz seiner Ablenkungen bekannt ist, etwas über die Stärke des Stromes, welchen man vom Muskel ableiten kann. Wenn man aber den Strom im Multiplicator durch einen andern Strom compensirt, so erfährt man auch etwas über die electromotorische Kraft des Muskels. Indem der compensirende Strom durch dieselbe Leitung hindurchgeht, hat er dieselben Widerstände zu überwinden; es muss also auch die electromotorische Kraft des compensirenden Stromes gleich sein der des compensirten. Ich kann also auf dem Wege der Compensation die electromotorische Kraft in den Muskeln bestimmen. Es hat sich in den hierauf gerichteten Versuchen von du Bois gezeigt, dass sie gar nicht gering ist, sie beträgt 0,08 von der electromotorischen Kraft eines Daniell'schen Elementes und kann sogar bei gewissen Anordnungen bis auf 0,14 Daniell steigen. Später hat Engelmann die electromotorische Kraft des Muskels am Thomson'schen Quadrant-Electrometer direct bestimmt und er ist zu demselben Resultate wie du Bois gelangt.

Innere Vorgänge bei der Muskelcontraction.

Wir müssen jetzt noch einmal auf den Process der Muskelcontraction im Ganzen zurückgehen. Wir haben gesehen, dass der Muskel, indem er sich contrahirt, einer neuen Gleichgewichtsfigur zustrebt, und zwar in der Weise, dass die einzelnen sarcous elements kürzer und dicker werden durch eine veränderte Anordnung ihrer Theilchen. Wir haben gesehen, dass diese veränderte Anordnung der Theilchen durch eine Veränderung des electrischen Verhaltens des Muskels eingeleitet wird, durch die negative Stromschwankung. Wir haben weiter gesehen, dass durch die Muskelcontraction eine beträchtliche Arbeit geleistet werden kann. Da nun aber die Consistenz des erschlafften Muskels zeigt, dass in ihm keine mechanischen Spannkräfte angehäuft sind, so muss ein chemisches Aequivalent für die Arbeit vorhanden sein, das heisst es muss auf chemischem Wege die lebendige Kraft aufgebracht werden, welche die Arbeit repräsentirt.

Dass bei der Contraction ein chemischer Process in dem Muskel stattfindet, hat zuerst Helmholtz nachgewiesen, indem er die tetanisirten und nicht tetanisirten Muskeln von Fröschen nach einander mit Wasser, Alkohol und Aether auszog und zeigte, dass bei den tetanisirten das Wasserextract ab- und das Alkoholextract zugenommen hatte. Wir können auch jetzt nicht sagen, dass wir im Grossen und Ganzen eine Einsicht in die Natur dieses Processes haben, aber einzelne Thatsachen sind uns bekannt. Bekannt ist uns nach den Versuchen von Nasse und von S. Weiss, dass Glycogen bei der Muskelcontraction verbraucht wird, ferner, dass auch Zucker verbraucht wird, dass das Glycogen sich nicht blos in Zucker umwandelt, sondern dass Milchsäure gebildet wird. Wir glauben auch, dass Inosit in Milchsäure umgewandelt wird, weil die Milch-

säure, welche im Fleische gefunden worden ist, zum grossen Theile solche Milchsäure ist, welche aus dem Inosit gewonnen wird. Du Bois hat zuerst nachgewiesen, dass die Muskeln nicht nur beim Absterben sauer werden, sondern dass sie auch sauer werden durch die Contraction. Wenn man einen lebenden Muskel sich mehrmals hintereinander contrahiren lässt, so nimmt er saure Reaction an, noch ehe er thatsächlich abstirbt. Aber es ist wohl keinem Zweifel unterworfen, dass bei der Contraction und behufs der Contraction noch weitere chemische Veränderungen im Muskel vor sich gehen, die wir bis jetzt nicht kennen.

Eine weitere Frage ist die, ob alle lebendige Kraft, welche hier freigemacht wird, als Arbeit zum Vorscheine kommt, oder ob sie auch als Wärme erscheint. Dass Wärme bei der Muskelcontraction gebildet wird, hat Dutrochet und hat auch Helmholtz nachgewiesen, indem er eine Kette aus Eisen und Neusilber construirte, deren einzelne Theile aus lauter dünnen Schienen bestanden, die er durch die Muskeln hindurchstecken konnte; er brachte dann die Muskeln zur Contraction und konnte an dem entstehenden Thermostrome nachweisen, dass eine Temperaturerhöhung stattfand. Es ist ferner bekannt, dass im Tetanus eine oft sehr bedeutende Erhöhung der Eigenwärme eintritt, und Billroth hat direct nachgewiesen, dass ein Theil dieser Wärme local in den contrahirten Muskeln gebildet wird, dass sich die Temperatur der Muskeln im Tetanus und auch beim künstlichen Tetanisiren über die der übrigen Theile erhöht. Also über das Factum, dass Wärme und zwar eine nicht unbeträchtliche Menge von Wärme bei der Muskelcontraction gebildet wird, ist kein Zweifel; aber diese Wärme hat möglicher Weise zweierlei Quellen. Sicher zum grossen Theile rührt sie her von Arbeit, welche innerhalb des Muskels durch die Widerstände verbraucht wird. Wenn ein Muskel sich so weit contrahirt, dass er seine eigene Substanz zusammendrückt, so erzeugt er dadurch auf mechanischem Wege Wärme, und wenn er ein Gewicht hebt, so erzeugt er eine gewisse äussere Arbeit, zugleich aber auch in seinem Innern secundär eine gewisse Quantität von Wärme. Ausserdem ist es aber auch möglich, dass primär schon beim chemischen Processe selbst nicht die ganze Quantität der lebendigen Kraft als Arbeitskraft, sondern dass ein Theil derselben als Wärme zum Vorschein kommt. Eines können wir aber mit Gewissheit sagen, dass nicht umgekehrt Wärme, welche durch den chemischen Process gebildet wird, secundär in Bewegung umgesetzt wird; denn in den Muskeln fehlt jegliche Vorrichtung, durch welche Wärme in bewegende Kraft umgesetzt werden könnte.

Combinirte Bewegungen.

Bei dem Zusammenwirken der Muskeln zu combinirten Bewegungen gilt das allgemeine Gesetz, dass, wenn irgend eine wesentliche Anstrengung gemacht werden soll, nicht nur diejenigen Muskeln, welche direct und auf dem kürzesten Wege die betreffende Bewegung zu Stande bringen, wirksam sind, sondern dass auch alle diejenigen Muskeln mitwirken, welche etwas zum Zustandekommen der Bewegung beitragen können. Die Ermüdung eines Muskels, welche ihn unfähig macht zu weiteren Leistungen, beruht auf dem Verbrauch von nutzbarem Material und auf

der Anhäufung von Zersetzungsproducten, welche bei der Contraction in dem Muskel entstehen; je grösser also die Summe der Muskeln ist, auf welche sich die Arbeit vertheilt, um so später tritt der Moment ein, wo der Materialverbrauch so weit vorgeschritten ist, und die Anhäufung der Zersetzungsproducte einen solchen Grad erreicht hat, dass dadurch die Muskeln leistungsunfähig werden. Wo deshalb der menschliche oder thierische Körper Arbeit leisten soll, und zwar Arbeit an künstlichen Vorrichtungen, an Maschinen, ist immer darauf zu achten, dass die Maschinen so eingerichtet sind, dass er mit möglichst vielen Muskeln an denselben arbeitet, dass er mit verschiedenen Theilen seines Körpers bei der Arbeit in Thätigkeit sein kann. Es ist das z. B. der Grund, warum die alte Häckselschneidmaschine durch die neueren Maschinen, bei denen ein Rad gedreht wird, noch nicht verdrängt worden ist, denn bei den neueren Maschinen concentrirt sich die Arbeit auf den Arm der das Rad dreht; bei der alten Maschine aber arbeitet man mit dem linken Arme, indem man das Stroh mittelst der Gabel vorschiebt, mit dem rechten Arme, indem man das Messer führt, und mit dem einen Beine, beziehungsweise mit dem Gewichte seines Körpers, indem man das Trittbrett heruntertritt.

Stehen, Gehen, Laufen.

Der Mensch leistet Arbeit, auch wenn er nicht fremde Massen bewegt, sondern nur seine eigene Masse; ja es bedarf einer gewissen Muskelthätigkeit, um überhaupt den eigenen Körper aufrecht zu erhalten. Wenn der menschliche Körper aufrecht stehen soll, so ist es nothwendig, dass sein Schwerpunkt unterstützt sei, das heisst, dass die sogenannte Schwerlinie, die Senkrechte, welche durch den Schwerpunkt des Körpers geht, in den Bereich seiner Unterstützungsfläche falle. Zweitens ist es aber auch nöthig dass der Körper durch Muskelaction aufrecht erhalten werde; denn eine Leiche, wenn man sie auch so aufstellt, dass ihr Schwerpunkt unterstützt sein würde, fällt zusammen, weil ihre Gelenke nachgeben. Die Gelenke, welche zunächst in Betracht kommen, sind das Sprunggelenk, das Kniegelenk, das Hüftgelenk; dann müssen auch der Kopf und die Wirbelsäule durch Muskelaction in ihrer Lage erhalten werden. Unter den genannten Gelenken sind aber zwei, bei welchen die Muskelaction bis zu einem gewissen Grade durch Bänder unnöthig gemacht wird; diese sind das Kniegelenk und das Hüftgelenk. Wenn Sie an einer Leiche das Kniegelenk strecken und dann weiter nach hinten durchzubiegen suchen, so werden Sie bald auf einen Widerstand kommen, welchen Sie nicht überwinden können. Dieser Widerstand wird hervorgebracht durch das Ligamentum cruciatum anticum, welches aus der Grube vor der Eminentia intercondyloidea entspringt, nach rückwärts zieht und sich am inneren Umfange des Condylus externus femoris festsetzt. Dieses Ligament ist erschlafft in gebogener Stellung des Knies: so wie das Knie gestreckt wird, spannt es sich an und hindert, dass das Kniegelenk über einen gewissen Grad hinaus gestreckt, richtiger durchgebogen wird. Wenn also einmal das Kniegelenk so weit nach hinten durchgebogen ist, dass dieses Ligament gespannt ist, so bedarf es in aufrechter Stellung keiner Muskelaction mehr, um das Bein in dieser

Lage gestreckt zu erhalten: denn die beiden Knochen stehen jetzt so, dass sie bereits einen Winkel nach hinten machen, dass sie also von oben belastet nicht mehr nach vorn ausweichen können. Etwas Aehnliches findet im Hüftgelenke statt. Sie wissen, dass, wenn Sie das gestreckte Hüftgelenk nach vorne durchbiegen wollen, dies nur bis zu einem gewissen Grade möglich ist: wenn Sie das Bein weiter nach hinten bringen wollen, so müssen Sie den Körper nach vorn überneigen. Das geschieht deshalb, weil jetzt schon das Ligamentum ileofemorale gespannt ist, welches vom oberen Pfannenrande und über demselben unter der Spina ossis ilei anterior inferior entspringt, vor dem Gelenkskopfe nach abwärts geht und sich mit divergirenden Fasern an der Linea intertrochanterica anterior anheftet. Wenn Sie also auf beiden gestreckten Beinen stehend das Becken so weit nach vorn bringen, dass dieses Ligament auf beiden Seiten angespannt wird, wenn Sie ferner das Kniegelenk so weit nach hinten durchbiegen, dass das Ligamentum cruciatum anticum angespannt wird, so bedürfen Sie weiter keiner Muskelaction, um den Körper in diesen Gelenken aufrecht zu erhalten. G. H. Meyer sagt deshalb mit Recht, dass der Rumpf beim ruhigen und möglichst passiven Stehen am Ligamentum ileofemorale gewissermassen aufgehängt sei.

Beim Stehen auf beiden Füssen fällt die Schwerlinie zwischen die beiden Füsse. So lange sie sich hier befindet, kann ich kein Bein vom Boden aufheben, denn sobald ich einen Fuss vom Boden aufheben sollte, würde mein Schwerpunkt nicht mehr unterstützt sein, ich würde nach der betreffenden Seite herüberfallen. Wenn ich aber den Körper so weit auf eine Seite herüberbringe, dass die Schwerlinie nicht mehr zwischen beide Füsse, sondern in die Sohle eines Fusses fällt; so kann ich nun das andere Bein aufheben, es wird für die Bewegung frei. In solcher Stellung unterscheidet man das eine Bein, das, in dessen Sohle die Schwerlinie fällt, als das Standbein, das andere, welches frei ist für die Bewegung, welches nicht mehr zur Unterstützung des Körpers dient, als das Spielbein. Wenn Sie den Körper so weit nach vorwärts neigen, dass die Schwerlinie den Ballen des Standbeins passirt, so würden Sie, wenn Sie noch weiter nach vorn gehen, nicht mehr unterstützt sein, wenigstens würden Sie darauf angewiesen sein, sich mühselig mit Ihren Zehen zu unterstützen: wenn Sie aber das Spielbein in diesem Augenblicke vom Boden lösen, so schwingt es, da es im Hüftgelenke frei beweglich ist, nach den Pendelgesetzen nach vorwärts, und wenn Sie es in seiner Elongation nach vorwärts auf den Boden setzen, so gewinnen Sie dadurch einen neuen Stützpunkt; Sie sind nach vorwärts gefallen, aber zum Glück auf ihre eigenen Füsse oder vielmehr auf das neue Standbein. Jetzt machen Sie das Bein, welches früher Standbein war, zum Spielbeine, Sie neigen sich wieder nach vorn, so dass die Schwerlinie den Ballen des Fusses passirt, Sie lassen das andere Bein nach vorwärts schwingen, setzen es auf, gewinnen einen neuen Stützpunkt u. s. w. Das ist die Mechanik des Gehens.

Das Gehen ist also gewissermassen ein fortwährendes Fallen nach vorn, was immer dadurch verhindert wird, dass das vorwärtsschwingende Bein einen neuen Stützpunkt gewinnt. Das Bein schwingt dabei nach den Pendelgesetzen und jeder Mensch hat deshalb eine natürliche Schritt-

dauer, welche der Länge seiner Beine entspricht. Es geht daraus hervor, dass die Schrittdauer der langbeinigen Individuen grösser ist als die der kurzbeinigen, und letztere deshalb durch die grössere Anzahl der Schritte, welche sie in der Zeiteinheit machen, einigermassen die grössere Schrittlänge der langbeinigen Individuen compensiren. Es geht ferner daraus hervor, dass zum Gehen das Minimum der Muskelaction nöthig ist, wenn man in seiner natürlichen, durch die Länge der Beine bedingten Schrittdauer geht. Das ist der Grund, warum man die Soldaten bei grösseren Märschen nicht im Tritt gehen lässt. Sie würden viel früher ermüden, weil sie dabei Muskelanstrengungen zu Actionen brauchten, welche, wenn jeder nach seiner natürlichen Schrittdauer geht, ganz ohne Muskelanstrengung, einfach nach den Pendelgesetzen von Statten gehen. Wenn deshalb ein Individuum schnell gehen will, so muss sein Gang durch Muskelaction beschleunigt werden: es kann ihn aber auch bis zu einem gewissen Grade ohne Muskelanstrengung beschleunigen, indem es die Beine in den Knien krümmt, sie beim Schreiten nicht ganz streckt. Dadurch wird das schwingende Pendel verkürzt und zugleich kann dabei das schreitende Bein noch weit ausgreifen. Das ist der Gang, welcher aus Gewohnheit bei Individuen entsteht, welche viel und rasch in den Strassen gehen müssen, bei Briefträgern, Barbieren u. s. w.

Das Laufen unterscheidet sich vom Gehen nicht durch die Geschwindigkeit der Fortbewegung; man kann sehr langsam laufen und sehr schnell gehen. Das Gehen unterscheidet sich vom Laufen dadurch, dass beim Gehen noch immer ein Stützpunkt vorhanden ist, dass nicht beide Füsse gleichzeitig vom Boden gelöst werden, während beim Laufen der Körper vom Boden abgeschnellt wird. Der Körper schwebt also beim Laufen einen Moment in der Luft, ehe das zweite Bein wiederum den Boden berührt hat. Wenn man hiebei seinen Körper nicht nach vorn wirft, so kommt man gar nicht vom Fleck und kann so die Bewegung des Laufens an Ort und Stelle machen; man kommt nur vorwärts in dem Grade, als man seinen Körper nach vorne überneigt, um seinen Schwerpunkt nach vorn zu bringen. Wenn man sich nämlich abschnellt, während der Schwerpunkt unterstützt ist, so schnellt man sich gerade nach aufwärts, wenn man aber den Körper so vornübergeneigt hat, dass der Schwerpunkt nicht unterstützt ist, so schnellt man sich durch das Standbein schräg nach aufwärts und vorwärts, und nun wird, während der Körper in der Luft schwebt, das Spielbein nach vorn geworfen und dadurch eine bedeutende Schrittweite und eine schnelle Locomotion erlangt. Die Brüder W. und E. H. Weber, welche ein ausgezeichnetes Werk über die Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge geschrieben haben, haben gehende und laufende Menschen, gehende Beine und laufende Beine, in den verschiedenen Phasen des Schrittes nach genauen Beobachtungen und Messungen dargestellt.

Was wir eben beim Laufen kennen gelernt haben, ist auch auf das Springen anwendbar. Ein Individuum, welches einfach in die Höhe springen will, ohne vom Fleck zu kommen, beugt die unteren Extremitäten im Hüftgelenke, im Kniegelenke und im Sprunggelenke, wobei es seine Schwerlinie zwischen die Ballen der Füsse fallen lässt, und wenn es jetzt alle Gelenke streckt, wird es gerade in die Höhe geschnellt. Wenn dagegen der Schwerpunkt so gelegen hätte, dass das Individuum, wenn es

nicht gesprungen wäre, vornübergefallen wäre, und es schnellt sich jetzt ab, indem es die Gelenke streckt, so wird es nicht gerade nach aufwärts, sondern schräg nach oben und vorn geschnellt, und je stärker die Neigung ist, desto grösser wird die Sprungweite, desto grösser wird die translatorische Geschwindigkeit, die Anfangsgeschwindigkeit der Bewegung in horizontaler Richtung. Die Bewegung in horizontaler Richtung kann ferner nach dem Gesetze der Trägheit noch dadurch verstärkt werden, dass das Individuum seinem Körper vorher schon eine gewisse Geschwindigkeit in horizontaler Richtung gibt, was es dadurch hervorbringt, dass es einen Anlauf nimmt, ehe es springt.

Locomotion der Thiere.

Die Locomotion der Thiere mit vier Extremitäten ist viel complicirter. Wir wollen hier ganz absehen von den niederen Wirbelthieren, wir wollen nur von den Säugethieren sprechen, namentlich von solchen, welche uns durch ihre Locomotion dienstbar sind.

Bei diesen unterscheidet man den einfachen Schritt, eine Gangart in vier Tempi. Bei diesem Gange wird erst der eine Vorderfuss, dann der demselben diagonal gegenüberliegende Hinterfuss, dann der andere Vorderfuss und dann der diesem diagonal gegenüberliegende Hinterfuss bewegt. Verschieden davon ist der Pass, der darin besteht, dass zwei Extremitäten derselben Seite gleichzeitig nach vorwärts gesetzt werden. Es muss hier, ähnlich wie dies auch in grösserem oder geringerem Grade beim Menschen stattfindet, eine seitliche Bewegung gemacht werden, da einmal die Extremitäten der einen Seite, das andere Mal die Extremitäten der anderen Seite als Stützpunkte dienen. Der Körper des Thieres bewegt sich also nicht in gerader Richtung nach vorwäts, sondern er macht Bewegungen hin und her. Diese Gangart ist bei einzelnen Thieren, wie bei den Giraffen, die natürliche, andere verfallen in dieselbe, wenn sie sich schneller fortbewegen wollen. Auch Elefanten und Kameele sind Passgänger. Bei den Pferden sieht man das Passgehen bei uns als eine Unart an, die man ihnen abzugewöhnen sucht. Die südamerikanischen Landleute, die wegen des Mangels an Landstrassen noch viel zu Pferde reisen, sind darüber anderer Meinung: sie gewöhnen ihren Pferden geflissentlich den Pass an, weil sie damit ziemlich schnell fortkommen, und weil die Bewegung eine für den Reiter weniger angreifende ist, als wenn die Thiere im Trabe gehen.

Der Trab ist eine Gangart, welche nicht mehr dem Gehen, sondern dem Laufen des Menschen entspricht. Es werden darin die Beine diagonal zusammengeordnet vorwärts gesetzt in zwei Tempi, dabei aber stösst sich das Thier vom Boden ab. Beim Trabe weicht der Körper des Thieres nicht seitlich aus, sondern er macht Bewegungen von oben nach unten, und daher kommt die unangenehme stossende Bewegung des Trabes.

Der Galopp ist eine Gangart in drei Tempi, indem das Thier erst das eine Vorderbein und dann das andere Vorderbein aufhebt, sich auf die Hinterbeine aufstemmt, sich dann mit den Hinterbeinen abstösst und nun die Vorderbeine in derselben Reihenfolge niedersetzt, in der dieselben erhoben wurden. Die Gangart ist insofern als eine natürliche zu betrachten, als man sie schon an jungen Pferden in der Koppel sieht;

andererseits wird sie wegen ihrer Eleganz an den Pferden durch künstliche Dressur besonders entwickelt.

Wenn das Pferd sich mit möglichster Geschwindigkeit fortbewegen will, so verfällt es in den sogenannten gestreckten Galopp. Das ist wiederum eine Gangart in zwei Tempi, bei welcher sich das Thier, nachdem es die Vorderfüsse gehoben, mit den Hinterbeinen vom Boden abstösst, dann mit den Vorderbeinen aufschlägt, sich mit denselben wiederum vom Boden abstösst und die Hinterbeine nach vorn wirft und dabei solche Sprünge macht, dass es sehr häufig die Hinterbeine vor den Stellen aufsetzt, von denen es mit den Vorderbeinen abgestossen hat. Es ist dies die schnellste Gangart, bei der gute Rennpferde sich mit einer Geschwindigkeit von 80 Fuss in der Sekunde fortbewegen, also mit einer Geschwindigkeit, wie sie bei uns als mittlere Geschwindigkeit nur die stärksten Gewitterstürme haben. Es ist dies überhaupt diejenige Gangart, in welche die meisten Säugethiere verfallen, wenn sie gejagt werden, wenn sie sich durch Flucht ihren Verfolgern entziehen wollen.

Wenn ein Arbeitsthier durch Zug wirkt, so kann man es dabei betrachten als ein in seinen Winkeln bewegliches Parallelogramm, dessen Grundlinie am Boden liegt, dessen beide absteigenden Seiten durch die Extremitäten des Thieres dargestellt werden, und dessen obere Parallele dargestellt wird durch den Rumpf des Thieres. Wenn man sich ein solches Parallelogramm in seiner oberen Parallele belastet denkt, und wenn Sie sich die durch die Beine dargestellten Parallelen nicht senkrecht, sondern schräg von oben und vorn nach unten und hinten gerichtet denken, so wird die belastete obere Parallele, also der Rumpf des Thieres, durch die Last nach vorn gedrängt werden. Denken Sie sich ihn mit einer Last, welche fortzubewegen ist, z. B. mit einem Wagen verbunden, so wird dieser fortgezogen werden. Diese Bewegung erzeugt sich dadurch immer von neuem, dass die Beine immer wieder nach vorwärts gesetzt und durch Muskelaction gerade gerichtet, gestreckt werden, also Schritt für Schritt das Parallelogramm immer wieder von Neuem aufgebaut wird.

Dieser Vergleich mit dem Parallelogramme lehrt, wesshalb bei einem Zugthiere das absolute Gewicht des Körpers so sehr in Betracht kommt. Es ist allgemein bekannt, dass für den schweren Zug auch schwere Thiere gebraucht werden, und man bringt das gewöhnlich nur in Zusammenhang mit der grösseren Muskelkraft dieser schweren Thiere. Diese ist aber nicht allein von Bedeutung, sondern das schwere Pferd arbeitet im schweren Zuge unter viel günstigeren Verhältnissen als das leichte, weil es mit der Last seines eigenen Körpers am Zuge wirkt. Ein leichtes Pferd muss sich viel mehr nach vorwärts neigen, es muss viel mehr, wie die Fuhrleute sagen, lang werden, wenn es mit derselben Kraft ziehen soll, mit der ein schweres Pferd schon in einer ziemlich natürlichen und bequemen Stellung zieht.

Das Ziehen und Tragen des Menschen.

Die Vierfüssler ziehen beim Zuge wesentlichen Vortheil daraus, dass sie vier Stützpunkte haben; der Mensch ist wenig für den Zug geeignet, weil er nur zwei Stützpunkte hat, und sein Körper senkrecht auf diesen zwei Stützpunkten aufgebaut ist. Man sieht deshalb auch, dass

Menschen, die an Handwagen ziehen, sich sehr stark vornüber neigen müssen, um nur eine mässige Last zu ziehen, dass sie schliesslich, wenn ihnen der Boden nicht sehr günstig ist, keinen Widerstand mehr finden, und in der That nicht mehr im Stande sind, den Wagen fortzubringen, ausgleiten, hinfallen u. s. w. Dagegen ist der Mensch seiner steil gestellten Wirbelsäule wegen sehr geeignet zum Tragen, und er trägt auch im Verhältniss zu seiner Muskelmasse sehr bedeutende Lasten. Ein kräftiger Mensch bringt eine Last, die ihm auf den Handwagen geladen ist, und welche er durch Zug an dem Handwagen nicht gut befördern kann, mit Leichtigkeit fort, wenn er einen Theil der Last auf die Schultern ladet und nun an dem Handwagen zieht. Der Grund ist einsichtlich: er hat das Gesammtgewicht seines Körpers, von dem die Reibung abhängt, vergrössert, er trägt die Last mit Leichtigkeit, und er hat jetzt die Last, welche er durch Zug fortbringen sollte, in entsprechender Weise vermindert.

Wenn ein Mensch eine Last trägt, so muss er, um überhaupt aufrecht zu bleiben, eine bestimmte Stellung einnehmen, welche verschieden ist, je nach der Art und Weise, wie er die Last trägt; denn sein Körper bildet ja jetzt mit der Last zusammen eine Masse, deren Schwerpunkt und Schwerlinie unterstützt sein muss. Wenn deshalb Jemand eine Last vor sich trägt, so muss er seinen Körper nach rückwärts neigen, wenn er sie auf dem Rücken trägt, so muss er sich nach vorwärts neigen, trägt er sie auf der einen Schulter, so muss er sich nach der andern Seite neigen.

Das Schwimmen.

Die Fortbewegung im Wasser ist für den Menschen bekanntlich eine angelernte Kunst. Er ist übrigens dafür in nicht so gar ungünstigen Verhältnissen. Das mittlere specifische Gewicht des Körpers ist etwas geringer als das des Wassers. Es ist das bei verschiedenen Menschen verschieden. Leute, welche feine Knochen, reichliches Fett und grosse Lungen haben, haben ein geringes mittleres specifisches Gewicht und können namentlich, wenn sie eingeathmet haben, auf dem Wasser liegen, so dass nicht nur das Gesicht, sondern noch ein beträchtlicher Theil des Körpers aus dem Wasser herausragt. Anders verhält es sich mit denjenigen, welche ein stark entwickeltes Knochensystem haben, dabei mager sind und kleine Lungen besitzen. Sie müssen grössere Anstrengungen machen, um sich nur mit ihrem Kopfe über Wasser zu erhalten. Das Schwimmen besteht in zweierlei: erstens in dem Haushalten mit dem Athmen, so dass man immer eine möglichst grosse Luftmenge im Thorax hat, und deshalb das mittlere specifische Gewicht möglichst gering ist, und zweitens in der Locomotion, welche bekanntlich dadurch zu Wege gebracht wird, dass die oberen und die unteren Extremitäten gegen das Wasser mit mehr oder weniger schiefer Fläche wirken und den Körper fortschieben. Diese Locomotion selbst dient aber mit dazu, den Körper am Untersinken zu hindern. Es gibt viele leidlich gute Schwimmer, welche gar nicht im Stande sind, ruhig auf dem Wasser zu liegen, welche sich immer nur durch die Locomotion selbst über Wasser halten, indem der Stoss nicht in horizontaler Richtung erfolgt, sondern schräg von vorn und oben nach hinten und unten; so

dass er eine horizontale und eine verticale Componente hat. Die Letztere dient dazu, den Kopf ausser Wasser zu halten. Schwimmer, die in Flüssen schwimmen gelernt haben, und solche, welche im Meere schwimmen gelernt haben, unterscheiden sich wesentlich durch die Lage, welche sie im Wasser einzunehmen pflegen. Der Flussschwimmer, welcher nicht mit den Wellen zu kämpfen hat, liegt fast horizontal und schwimmt deshalb mit grosser Geschwindigkeit; der Schwimmer, der gewohnt ist im Meere zu schwimmen, und der mit den Wellen zu kämpfen hat, liegt schräg im Wasser, damit er jedesmal durch einen Stoss sich über den Wellenkamm, soweit ihn derselbe nicht selber hebt, hinwegbringen kann.

Das Fliegen.

Zum Fliegen, zur Fortbewegung in der Luft ist der Mensch nicht geeignet. Es wird dies klar, wenn man den Flug der Vögel und den der Flatterthiere betrachtet. Diese erhalten sich dadurch in der Luft, dass sie, indem sie mit der Fläche ihrer Flügel auf die Luft drücken, sich in jedem Augenblicke ebenso viel oder mehr heben, als sie in derselben Zeit ohne ihre Action fallen würden. Ein Vogel, um sich zu heben, bringt seine Flügel halb geschlossen und zum geringen Widerstand gewendet nach oben, und dann schlägt er sie ausgebreitet im grossen Bogen nach abwärts, bringt sie wieder in der vorerwähnten Weise herauf u. s. f. Mit jedem Flügelschlage also hebt er sich um ein Stück. Man kann dies sehr gut an einer senkrecht aufsteigenden Lerche beobachten.

Wenn der Vogel schräg aufsteigt, ist er abhängig von der Windrichtung, er kann nur aufsteigen, wie dies jeder Schnepfenjäger weiss, gegen den Wind, er kann nicht aufsteigen mit dem Winde, und zwar aus demselben Grunde, aus dem man einen Drachen immer nur gegen den Wind und niemals mit dem Winde aufrennen kann. Er bietet nämlich dem Winde eine schräge Fläche dar, trifft ihn der Wind von rückwärts, so drückt er ihn nieder und hindert ihn am Aufsteigen, trifft er ihn aber von vorn, so hebt er ihn. Man hat sich oft gewundert, dass Vögel mit ausgebreiteten Flügeln weite Strecken in der Luft fortschiessen, ja grosse Kreise beschreiben, fast ohne eine merkliche Bewegung zu machen. Das rührt aber nur daher, dass ein Körper, welcher in der Luft stabil ist, sehr langsam fällt, wenn er der Luft eine im Verhältniss zu seinem absoluten Gewichte sehr grosse Oberfläche darbietet. Man kann auch andere Körper, todte Körper, in der Luft durch Rotation stabil machen, und dann sieht man an ihnen ähnliche Erscheinungen, wie man sie an den fliegenden Vögeln wahrnehmen kann. Die Neuseeländer haben sich, um nach den Vögeln, die am Ufer schwärmen, zu jagen, ein eigenes Geschoss gemacht, welches, wenn es nicht getroffen hat, zum Schützen zurückkehrt; es ist dies das sogenannte Bumarang. Wenn man es zum ersten Male werfen sieht, so ist man erstaunt, das Instrument schräg aufwärts in die Luft wirbeln, dann plötzlich still stehen und nun in einer nach oben concaven Curve zurückkehren zu sehen. Die Sache ist folgende. Das Bumarang ist eine über die Schärfe hyperbolisch gekrümmte, etwas weniger als handbreite Holzschiene. Diese fasst man an dem einen Ende, und nun wird sie schräg nach aufwärts geworfen, so dass sie in der Luft mit möglichster Geschwindigkeit rotirt. Sie steigt jetzt schräg auf in

der Richtung, in welcher sie geworfen wurde, welche zugleich die ihrer eigenen Lage ist, so dass sie die Luft immer mit ihrer Schärfe trifft. Wenn sie ihre translatorische Geschwindigkeit schon verbraucht hat, hat sie ihre Rotationsgeschwindigkeit noch nicht verbraucht, sie rotirt noch immer, durch das Rotiren ist sie stabil, sie kann also jetzt nicht ohne weiteres herunterfallen, sondern, weil sie senkrecht zu ihrer Fläche der Luft einen grossen, und in der Richtung der Schärfe einen kleinen Widerstand bietet, fällt sie in dieser letzteren Richtung zurück und gelangt in die Nähe dessen, der sie geworfen hat.

Der Mensch ist deshalb ungeeignet zum Fliegen, weil er kein Paar von Flügeln mit seinen Brustmuskeln in hinreichend starke Bewegung versetzen könnte, um die bedeutende Last seines Körpers in die Luft hinauf zu heben. Schon unter den jetzt lebenden fliegenden Vögeln ist keiner von den Dimensionen und dem absoluten Gewichte des Menschen, und alle fliegenden Vögel haben eine starke Brustbeingräte und dem entsprechend entwickelte starke Brustmuskeln, wie solche dem Menschen nicht zukommen. Der Mensch würde also immer angewiesen sein, sich durch von anderweitigen Kräften getriebene Maschinen in die Luft heben zu lassen; diese selbst repräsentiren dann aber ein solches absolutes Gewicht, dass sie die Kraft nicht aufbringen können, um sich zu erheben, so dass bis jetzt dem Menschen das Erheben in die Luft nur mittelst des Luftballons möglich ist.

Stimme und Sprache.

Der Kehlkopf.

Zu den combinirten Bewegungen gehören auch die, welche der Stimme und Sprache dienen. Die menschliche Stimme wird hervorgebracht durch die Schwingungen zweier elastischer Membranen, welche man mit dem Namen der wahren Stimmbänder bezeichnet. Sie sind an einem knorpeligen Gerüste befestigt, dessen einzelne Theile durch Muskeln so bewegt werden, dass dadurch die beiden Membranen, die beiden Stimmbänder, mit ihren Rändern einander genähert oder von einander entfernt werden, dass sie angespannt, dass sie erschlafft werden können u. s. w. Die Stimmbänder bestehen aus elastischen Fasern, untermischt mit Bindegewebe, und sind mit ihren vorderen Enden an den Schildknorpel zu beiden Seiten der Mittellinie desselben angeheftet; mit ihren hinteren Enden sind sie angeheftet an den Processus vocalis der Giessbeckenknorpel, welche ihrerseits eine Gelenkverbindung haben mit dem Ringknorpel, mit welchem auch der Schildknorpel Gelenkverbindung hat.

Die Stimmbänder werden dadurch angespannt, dass der Schildknorpel sich um eine Axe dreht, welche Sie sich durch seine unteren Hörner gelegt denken müssen. Wenn er sich um diese Axe in der Weise dreht, dass sein vorderer oberer Theil, derjenige, welcher den sogenannten Adamsapfel macht, nach vorn und nach abwärts gezogen wird, so wird dadurch die eine Anheftung des Stimmbandes von der andern entfernt

und dadurch das Stimmband gespannt. Diese Bewegung wird ausgeführt durch einen Muskel, welcher zu beiden Seiten vom Ringknorpel entspringt und sich mit schräg nach aufwärts und rückwärts verlaufenden Fasern an den Schildknorpel ansetzt. Der Antagonist dieses Muskels ist ein Muskel, welcher zu beiden Seiten von der Innenfläche der Platte des Schildknorpels entspringt, nach aussen vom wahren Stimmband, neben demselben und mit demselben verbunden nach rückwärts verläuft und sich an den vorderen unteren Theil des Giessbeckenknorpels ansetzt. Dieser Muskel, der Thyreoarytaenoideus, kann die beiden Insertionen des wahren Stimmbandes einander nähern und die Stimmbänder abspannen, indem er den Schildknorpel um die vorerwähnte Axe so dreht, dass sein vorderer Theil nach rückwärts und nach oben rückt, vorausgesetzt, dass sein Antagonist, der Musculus cricothyreoideus, den Schildknorpel nicht in einer andern Lage fixirt erhält.

Die beiden Giessbeckenknorpel setzt ein ziemlich complicirter Muskelapparat in Bewegung, welcher besteht aus den Musc. arytaenoidei transversi und Musc. arytaenoidei obliqui, aus dem Cricoarytaenoideus posticus und lateralis und dem Thyreoarytaenoideus. Die Musc. arytaenoidei transversi liegen auf der concaven Rückseite der beiden Giessbeckenknorpel und spannen sich von dem äusseren Rande des einen Giessbeckenknorpels zum äusseren Rande des andern hinüber. Wenn sie sich also zusammenziehen, so haben sie zunächst die Wirkung, dass sie die beiden Giessbeckenknorpel einander nähern. Aehnliche Wirkung haben auch die Arytaenoidei obliqui, welche auf den Arytaenoidei transversi liegen. Indem sie vom unteren Winkel des einen Giessbeckenknorpels entspringen und zum oberen Ende des äusseren Randes des andern Giessbeckenknorpels hingehen, bilden sie ein liegendes Kreuz. Wenn diese Muskeln sich zusammenziehen, so nähern sich die beiden Giessbeckenknorpel einander. Sie haben dabei noch die specielle Wirkung, dass, wenn die oberen Enden der beiden Giessbeckenknorpel mit den auf ihnen sitzenden Santorinischen Knorpeln, den Cornua laryngis, sich von einander entfernt haben, sie dieselben einander wieder nähern und hierin mit dem oberen Theile des Arytaenoideus transversus zusammenwirken.

Wenn man den oberen Ansatz des Arytaenoideus obliquus verfolgt, so findet man, dass ein Theil seiner Fasern sich über den äusseren Rand des Giessbeckenknorpels fortsetzt in ein dünnes Band von Muskelfasern, welches im Ligamentum aryepiglotticum zum Kehldeckel hingeht, und also, wenn es sich zusammenzieht, den Kehldeckel auf die Giessbeckenknorpel herunterzieht. Die Arytaenoidei obliqui und die beiden Musc. aryepiglottidei können Sie also zusammen als eine Schlinge ansehen, in welche die beiden Giessbeckenknorpel und die Epiglottis eingeschaltet sind. Wenn sich diese Schlinge zusammenzieht, schliesst sie den ganzen Kehlkopf zu, indem sie die beiden Giessbeckenknorpel an einander annähert und den Kehldeckel auf die Giessbeckenknorpel herunterzieht. Diese Schlinge, welche aus den beiden Arytaenoidei obliqui und den beiden Aryepiglottidei besteht, bildet also eine Art von Sphincter für den Kehlkopf.

Weniger einfach ist die Wirkung der M. cricoarytaenoidei postici und laterales. Der Cricoarytaenoideus posticus entspringt von der hinteren Fläche, von der Siegelplatte des Ringknorpels und setzt sich an den

Processus muscularis des Giessbeckenknorpels an. Der M. cricoarytaenoideus lateralis entspringt von der Seitenfläche des Ringknorpels und geht schräg nach hinten und aufwärts laufend gleichfalls an den Processus muscularis des Giessbeckenknorpels. Der eine liegt also der Hauptmasse nach in einer Ebene, welche senkrecht steht auf der Mittelebene des Körpers, und der andere, der Cricoarytaenoideus lateralis, liegt wesentlich in einer Ebene, welche parallel steht mit der Mittelebene des Körpers. Denken Sie sich die Projection auf eine horizontale Ebene gemacht, so finden Sie also, dass die horizontalen Componenten der Zugwirkungen beider Muskeln mit einander einen nahezu rechten Winkel machen. Beide werden den Giessbeckenknorpel zu drehen suchen. Die Cricoarytaenoidei postici werden die beiden Giessbeckenknorpel so zu drehen suchen, dass die beiden Processus vocales sich von einander entfernen; wenn aber das geschehen ist, und die Cricoarytaenoidei laterales ziehen sich zusammen, so drehen sie den Giessbeckenknorpel wieder so, dass die beiden Processus vocales einander genähert werden, beziehungsweise einander berühren. Man hat deshalb den Cricoarytaenoideus posticus den Oeffner der Stimmritze genannt und den Cricoarytaenoideus lateralis den Verengerer, beziehungsweise Verschliesser der Stimmritze. Diese Bezeichnung ist jedoch einseitig, denn beide Muskeln können so zusammenwirken, dass sie die Stimmritze öffnen, sogar auf ihre grösste Weite. Indem der Cricoarytaenoideus posticus den Giessbeckenknorpel umdreht und die Stimmritze öffnet, kann er derselben immer nur eine lanzettförmige Gestalt geben, denn er zieht ja, während er den Processus vocalis nach aussen wendet, gleichzeitig mit seiner drehenden Componente den Giessbeckenknorpel nach innen, er nähert die beiden Giessbeckenknorpel einander. Wenn Sie nun aber einem Individuum, das frei einathmet, mit dem Kehlkopfspiegel in den Larynx hineinsehen, so werden Sie bemerken, dass beim freien Einathmen die Stimmritze keineswegs Lanzettform hat, sondern, dass sie frei und offen ist in der Weise, wie Sie es nach Czermak hier abgebildet sehen. Der in perspectivischer Verkürzung gesehene Kehldeckel ist *e c*, die wahren Stimmbänder sind *z z*; *a a* sind die in perspectivischer Verkürzung gesehenen inneren Flächen der Giessbeckenknorpel; *o o* die oberen oder falschen Stimmbänder, *s* und *w* sind die von der Schleimhaut bedeckten Santorin'schen und Wrisberg'schen Knorpel, *t* die vordere Wand der Trachea, *v v* die Eingänge in den Bronchus dexter und sinister, und *m* die in perspectivischer Verkürzung gesehene Innenseite der hinteren Kehlkopfwand. Es erschlaffen die Arytaenoidei transversi und obliqui so, dass die beiden Giessbeckenknorpel weit von einander entfernt werden können. Es geschieht dies dann, weil das Kapselband, durch welches Ringknorpel und Giessbeckenknorpel mit einander verbunden sind, hinreichend locker und weit ist, mit grosser Leichtigkeit. Nun ziehen sich der Cricoarytaenoideus posticus und lateralis

Fig. 80.

gleichzeitig zusammen. Dann wirken ihre drehenden Componenten einander entgegen. Ausser der drehenden Componente haben beide Muskeln eine Componente, welche nach abwärts zieht, die also in beiden Muskeln gleichsinnig wirkt. Die Gelenkfläche, auf welcher der Giessbeckenknorpel steht, ist nach der Seite hin abschüssig, und indem die beiden Muskeln zusammenwirken und an dem Processus muscularis nach abwärts ziehen, wird jeder Giessbeckenknorpel auf dieser abschüssigen Gelenkfläche nach aussen und nach abwärts geschleift und so beide von einander entfernt. Zugleich überwiegt nun der stärkere Cricoarytaenoideus posticus mit seiner drehenden Componente, wendet den Processus vocalis nach aussen, und so wird die Stimmritze auf ihr Maximum erweitert. Wenn also die Arytaenoidei transversi und obliqui zusammengezogen sind und der Cricoarytaenoideus posticus und lateralis abwechselnd wirken, so ist der erstere der Oeffner, der letztere der Verschliesser der Stimmritze, wenn aber die Arytaenoidei transversi und obliqui erschlafft sind und der Cricoarytaenoideus posticus und lateralis, wie beschrieben, zusammenwirken, so bewirken sie eine Erweiterung der Stimmritze, wie sie beim freien Einathmen statt hat.

Ausser diesen Muskeln, deren Mechanik ich Ihnen bisher auseinandergesetzt habe, sind noch am Kehlkopfe mehr oder weniger inconstante Muskeln zu erwähnen; erstens ein Musculus thyreoarytaenoideus superior, der die drehende Wirkung des cricoarytaenoideus lateralis unterstützt, dann zwei Musculi thyreoepiglottici, Partien von Muskelfasern, welche vom Schildknorpel aufsteigen, sich an die vordere Seite und den Rand des Kehldeckels anheften und denselben beim Verschluss des Kehlkopfs, und wenn die M. aryepiglottidei wirken, nach abwärts ziehen, und ihn so auf die falsche Stimmritze herunterdrücken helfen. Dann existirt noch ein M. cricoceratoideus, dessen Wirkung man nicht näher kennt, ein kleiner inconstanter Muskel, der nach aussen vom M. cricoarytaenoideus posticus entspringt und an das absteigende Horn des Schildknorpels sich ansetzt.

Die innere Auskleidung des Kehlkopfes bildet eine Schleimhaut, welche mit Flimmerepithelium überkleidet ist. Dieses beginnt an der hinteren Fläche des Kehldeckels und kleidet den ganzen Kehlkopf aus mit Ausnahme der wahren Stimmbänder, welche ein Pflasterepithelium tragen. In der Schleimhaut des Kehlkopfes liegt eine grosse Menge von Schleimdrüsen, welche nach demselben Typus gebaut sind, wie die Schleimdrüsen, welche wir im Oesophagus und in der Mundhöhle kennen gelernt haben. Da, wo die Schleimhaut durch lockeres Bindegewebe von ihrer Unterlage getrennt ist, liegen die Körper der Drüsen in diesem Bindegewebe und durchbohren die Schleimhaut mit ihren Ausführungsgängen. In der Epiglottis liegen die Körper der Drüsen in dem Faserknorpel selbst, welcher die Epiglottis bildet, und darauf beruht es, dass wenn man die Epiglottis macerirt, sie hinterher wie mit einer Nadel durchprickelt erscheint. Die Löcher, welche hier entstehen, sind die Lücken, in welchen während des Lebens die Schleimdrüsen gelegen haben.

Ueber den wahren Stimmbändern bildet die Schleimhaut ein Paar grosse von vorn nach hinten gerichtete Falten, welche unter dem Namen der falschen Stimmbänder bekannt sind. Zwischen ihnen und den wahren Stimmbändern befindet sich der Eingang in die Morgagni'schen Ventrikel.

zwei von der Schleimhaut ausgekleidete Taschen, welche sich zu beiden Seiten nach aufwärts und, wenn die Epiglottis heruntergelegt ist, mit ihren oberen Hörnern über die Epiglottis erstrecken. Die falschen Stimmbänder haben ihren Namen daher, dass sie den wahren Stimmbändern äusserlich ähnlich sind, aber, so viel wir wissen, nichts zur Stimmbildnng beitragen.

Die Stimmbildung.

Auch die wahren Stimmbänder hat man als Schleimhautfalten bezeichnet. Diese Bezeichnung ist aber eine unrichtige, denn das wahre Stimmband ist keine Falte, sondern ein compacter Körper, ein Band, eine Brücke, welche sich im Kehlkopfe von vorn nach hinten erstreckt, und es fehlen hier selbst die Attribute der Schleimhaut. Es sind im vorspringenden Rande keine Schleimdrüsen vorhanden, und es findet sich hier auch nicht die eigenthümliche bindegewebige Grundlage, wie sie sonst das Gewebe der Schleimhäute ausmacht; im Gegentheil liegt hier gleich unter dem Pflasterepithel ein Gemenge von längsgespannten elastischen Fasern und von Bindegewebsfasern, welche das Stimmband zusammensetzen. Wenn man die wahren Stimmbänder an einer Leiche ansieht, und ihre abgerundete Kante betrachtet, so begreift man kaum, wie diese Gebilde durch einen verhältnissmässig leichten Luftzug, welcher aus der Lunge herausströmt, in Schwingungen versetzt werden. Ebenso wenig begreift man das, wenn man sich mit Wachs oder Gyps einen Ausguss aus dem Innern des Kehlkopfes macht, wo man dann gleichfalls in diesen Ausguss die wahren Stimmbänder mit ganz stumpfen Rändern eingreifen sieht. Ganz anders aber erscheint die Sache, wenn man einem Individuum einen Kehlkopfspiegel einführt und mittelst desselben die tönende Stimmritze untersucht. Man findet dann, dass sobald die Stimme anspricht, von jedem Stimmbande ein dünner Saum hervorspringt, und diese beiden Säume einander genähert werden, so dass nur noch ein ganz schmaler Spalt zwischen ihnen bleibt, und so wie nun die Luft ausströmt, werden sie in lebhafte Schwingungen versetzt, welche man unmittelbar mit dem Kehlkopfspiegel beobachten kann. Diese Veränderung in den Stimmbändern wird dadurch hervorgebracht, dass mittelst des M. cricoarytaenoideus lateralis und thyreoarytaenoideus der Processus vocalis nach innen gewendet wird, und sich deshalb die vom Processus vocalis ausgehenden Fasern des Stimmbandes, die an ihrer vorderen Insertion am Schildknorpel von beiden Seiten her ganz nahe an einander gerückt sind, gerade spannen und deshalb einen schmalen, scharf gezeichneten Spalt zwischen sich lassen. Man kann dasselbe auch noch an dem Kehlkopfe einer Leiche hervorbringen. Zu diesem Ende drückt man die Processus vocales zusammen und stösst eine starke Nadel quer durch die Giessbeckenknorpel. Wenn man sie nun mittelst eines Fadens, welchen man in Achtertouren um die Nadel herumlegt, in dieser Lage festhält, so kann man einen solchen Leichenkehlkopf anblasen und kann ihm, je nachdem man die Stimmbänder mehr oder weniger spannt, höhere oder tiefere Töne entlocken. Diese Töne gleichen denjenigen, welche ich vor kurzer Zeit von einem Wahnsinnigen gehört habe, der mit einem Rasirmesser zwischen Kehlkopf und Zungenbein eingedrungen war bis auf den Schlund, so dass er die vordere Schlundwand

noch durchschnitten und mithin das ganze Ansatzrohr, die ganze Rachen- und Mundhöhle von dem eigentlichen Stimmwerke, vom Kehlkopfe, getrennt hatte.

Wir haben früher gesehen, dass die Stimmbänder durch den M. cricotyreoideus in der Richtung von vorn nach hinten angespannt werden. Nun lassen sich auf jedes System von Fasern, welches nur in einer Richtung gespannt ist, die Lehrsätze anwenden, welche für schwingende Saiten gelten. Diese können wir deshalb auch anwenden auf die von vorn nach hinten gespannten Stimmbänder des Menschen.

Es ist Ihnen bekannt, dass die Schwingungsdauer einer Saite in geradem Verhältnisse wächst mit ihrer Länge, so dass also die Schwingungszahl der Saite, das heisst die Anzahl der Schwingungen, welche die Saite in der Zeiteinheit vollendet, im umgekehrten Verhältnisse zu ihrer Länge steht. Diejenigen Menschen also, welche längere Stimmbänder haben, haben im Allgemeinen eine tiefere Stimme, diejenigen Individuen, welche kürzere Stimmbänder haben, haben im Allgemeinen eine höhere Stimme. Die längsten Stimmbänder haben die ausgewachsenen Männer, und diese haben deshalb auch die tiefsten Stimmlagen, entweder Bass oder, wenn sie kürzere Stimmbänder haben, Tenor. Die kürzesten Stimmbänder haben die kleinen Kinder. Die Stimmbänder wachsen bis zu einer gewissen Zeit allmälig, dann nehmen sie beim Weibe nur noch wenig zu, während sie beim Manne sich während der Pubertätsentwickelung in verhältnissmässig kurzer Zeit verlängern. Deshalb singen Knaben, Mädchen und auch Frauen Sopran und Alt, während die Stimme der Männer während der Zeit des sogenannten Mutirens, je nach dem Wachsthume, welches der Kehlkopf erfährt, entweder in Tenor oder in Bass übergeht. Wenn den Knaben vor dem Mutiren die Hoden ausgerottet werden, wenn sie castrirt werden, so stellen sich diese Veränderungen nicht ein. Ihre Stimmbänder bleiben verhältnissmässig kurz, sie bekommen keinen stark nach vorn entwickelten Kehlkopf, keinen sogenannten Adamsapfel, und sie sind deshalb während ihres ganzen Lebens im Stande, Sopran oder Alt zu singen. Bekanntlich wurde früher in Italien eine grosse Anzahl von Knaben zu musikalischen Zwecken castrirt, während in neuerer Zeit, seit das Castriren der Knaben im Occident bestraft wird, dergleichen junge Castraten aus dem Oriente bezogen und im Gesange ausgebildet wurden.

Ausser von der Länge ist aber auch die Schwingungszahl einer Saite abhängig von ihrer Spannung, und zwar wachsen die Schwingungszahlen bei wachsender Spannung nach den Quadratwurzeln der spannenden Gewichte. Die Schwingungsdauer steht also im umgekehrten Verhältnisse mit den Quadratwurzeln aus den Zahlen der spannenden Gewichte. Je stärker also das Stimmband angespannt wird, um so mehr geht der Ton in die Höhe, und jedes Individuum kann deshalb durch Spannung seiner M. cricothyreoidei den Ton seiner Stimme bis zu einem gewissen Grade treiben. Man hat sogar eine Zeit lang geglaubt, dass dies das einzige Mittel sei, durch welches wir mit der Bruststimme aus den tieferen Tönen in die höheren aufsteigen. Garcia aber, der den Kehlkopfspiegel zuerst mit Erfolg angewendet und namentlich zur Untersuchung der Mechanik des Singens benützt hat, zeigte, dass dem nicht so sei: sondern dass wir auch beim Hinaufgehen unsere Stimmbänder verkürzen

und zwar dadurch, dass die Processus vocales stärker aneinandergedrängt werden, und dadurch der hintere Theil der Stimmbänder so gegeneinander gedrückt wird, dass er nicht mitschwingt, dass ein Knoten entsteht, in ähnlicher Weise, wie ein solcher an einer Violinsaite dadurch erzielt wird, dass man den Finger auf die Saite aufsetzt und sie niederdrückt. Rühlmann hat darauf aufmerksam gemacht, dass möglicher Weise im vorderen Theile des Stimmbandes ein zweiter Knoten gebildet werden kann. Hier liegt ein kleines knorpelartiges Gebilde, das man als Luschka's vorderen Sesamknorpel bezeichnet. Ein Theil der Fasern der inneren Partie des Musculus thyreoarytaenoideus, welche man als Thyreoarytaenoideus internus bezeichnet, heftet sich an denselben; andere ziehen nach aussen hart an ihm vorüber. Es ist also wohl möglich, dass diese Fasern, indem sie sich anspannen, beide Sesamknorpel aneinander drängen und so einen vorderen Knoten bilden. Auf der Erzeugung solcher Knoten im vorderen oder hinteren Theile der Stimmritze beruht es wohl, dass die Sänger einhellig angeben, dass, wenn sie angesetzt hätten zu einem gewissen Tone, sie dann durch eine Reihe von Tönen aufsteigen könnten, ohne etwas in ihrem Kehlkopfe zu verändern, dass sie aber dann, wie sie sich ausdrücken, einen neuen Einsatz nehmen müssten, um wieder weiter im Tone aufsteigen zu können. Es erklärt sich dies so, dass sie erst ihre Giessbeckenknorpel und ihre Processus vocales in einer bestimmten Lage fixiren, dann durch Anspannen der Stimmbänder mittelst des Cricothyreoideus aufsteigen, so weit sie können; dann aber, wenn sie noch weiter aufsteigen sollen, erst ihre Processus vocales stärker aneinanderdrängen, mit einer schwächeren Spannung der Stimmbänder anfangen und nun wiederum durch stärkere Spannung der Stimmbänder aufsteigen.

Diese Art der Stimmbildung, bei welcher das Stimmband, soweit es nicht durch Aneinanderdrängen der Processus vocales festgestellt ist, als Ganzes schwingt, ist nicht die einzige. Es ist Ihnen bekannt, dass Männer, welche doch an sich eine verhältnissmässig tiefe Stimme haben, mit schwächerer Stimme auch in einer verhältnissmässig hohen Tonlage singen können. Man nennt diese veränderte Stimme die Fistelstimme. Ich habe in Heidelberg einen Studenten gekannt, der das Duett zwischen Don Juan und Zerline allein sang, den Don Juan mit Bruststimme, die Zerline mit Fistelstimme. Ueber die Art und Weise, wie die Fistelstimme hervorgebracht wird, und über die Art und Weise, wie sie sich von der Bruststimme unterscheidet, sind verschiedene Ansichten vorgebracht worden. Die wahrscheinlichste ist aber wohl noch immer diejenige, zu welcher Johannes Müller durch seine Versuche gelangt ist, die, dass bei der Fistelstimme nur der Rand des Stimmbandes schwinge, während bei der Bruststimme das Stimmband als Ganzes schwinge. Auf die Höhe des Tones der Stimme hat man auch der Weite, der Oeffnung der Stimmritze einen wesentlichen Einfluss zugeschrieben; aber mit Unrecht. Thatsächlich ist die Tonhöhe in dem Sinne unabhängig von der Weite der Stimmritze, dass ein und derselbe Ton bei weiterer und engerer Stimmritze hervorgebracht werden kann. Man kann das nicht sowohl wahrnehmen bei der Bruststimme, weil die Bruststimme überhaupt nur bei relativ enger Stimmritze hervorgebracht werden kann; sehr deutlich aber bei der Fistelstimme. Wenn diese schwach angegeben

wird, so sieht man die Stimmritze dabei bisweilen verhältnissmässig weit offen, und man bemerkt dabei das Vibriren der Ränder der Stimmbänder. Wenn man aber den Sänger denselben Ton immer stärker und stärker angeben lässt, so verengert sich die Stimmritze, bis sie endlich einen ganz schmalen Spalt bildet. Der Grund hievon ist leicht einzusehen: wenn der Sänger seinen Ton verstärken will, so kann er dies nur dadurch, dass er die Luft seiner Brusthöhle unter einen stärkeren Druck setzt. Wenn er sie aber unter einen stärkeren Druck setzt, würde sie zu rasch ausfliessen, wenn er hiebei die weite Stimmritze behielte, welche er beim piano gehabt hat; es würde die Luft mit solcher Geschwindigkeit ausfliessen, dass er den Ton nicht halten könnte, und deshalb muss er, je stärker er den Ton angibt, um so mehr die Stimmritze verengern.

Flüsterstimme, Vocale, Consonanten.

Ausser der Bruststimme und der Fistelstimme unterscheiden wir noch die sogenannte Flüsterstimme, vox clandestina. Die Flüsterstimme ist aber eigentlich keine Stimme. Unter Stimme verstehen wir wesentlich die tönende Stimme, und Töne werden bekanntlich nur dadurch erzeugt, dass die Luft in regelmässige, periodische Schwingungen versetzt wird. Nicht so verhält es sich bei der Flüsterstimme. Die Flüsterstimme ist ein blosses Geräusch. Sie wird dadurch hervorgebracht, dass die Stimmritze zwar mässig verengert wird, dass aber die Processus vocales nicht so gestellt werden, dass jener dünne membranartige Rand vorspringt, von dem ich früher gesprochen, und vermöge dessen das Stimmband zum Ansprechen geeignet wird. Das Stimmband setzt vielmehr dem Strome der Luft eine mehr stumpfe Kante entgegen, die Luft, indem sie vorübergeht, reibt sich an dem Stimmbande, und so werden unregelmässige Impulse und damit ein Geräusch erzeugt. Die Flüsterstimme dient uns dazu, den Ton der Stimme zu ersetzen, wenn wir leise sprechen. Die Flüsterstimme wird dann ebenso den Vocalen und den tönenden Consonanten mitgegeben, wie beim lauten Sprechen die tönende Stimme den Vocalen und den tönenden Consonanten mitgegeben wird.

Abgesehen von der Stimme werden die wesentlichen Bedingungen für die meisten Vocale und Consonanten in der Mundhöhle hergestellt, aber gewisse Sprachelemente haben ihren Ursprung im Kehlkopfe. Dazu gehört zunächst das H. Wenn Sie die Stimmritze etwas mehr erweitern, wie sie bei der Flüsterstimme erweitert ist, aber doch nicht auf ihr Maximum, so geht ein breiter Luftstrom, der gegen die Rachenwand anfällt, mit einem schwachen Reibungsgeräusche aus der Stimmritze heraus, und das Reibungsgeräusch, welches er hier macht, und welches noch durch seinen Anfall an die Rachenwand modificirt wird, ist der Laut des gewöhnlichen H. Ausser diesem gewöhnlichen H haben die Araber noch ein verstärktes H, welches dadurch hervorgebracht wird, dass die Stimmritze zwar nicht zum Tönen verengt wird, dass aber bei etwas von einander entfernten Giessbeckenknorpeln die Processus vocales gegen einander gewendet sind, so dass sie vorspringende Ecken bilden, Grenzpfeiler

zwischen einem vorderen Theile der Stimmritze, welcher zwischen den Stimmbändern liegt, und welchen man als Glottis vocalis bezeichnet, und einem hinteren Theile der Stimmritze, welcher zwischen den Giessbeckenknorpeln und zwischen den beiden Ligamentis triquetris liegt, und den man seltsamer Weise mit dem Namen Glottis respiratoria bezeichnet. Ueber der so gestalteten Stimmritze wird dann noch der Kehlkopfeingang verengt, indem sich die Musc. cricoarytaenoidei obliqui und die Musc. aryepiglottidei zusammenziehen, somit die Giessbeckenknorpel und der Kehldeckel einander genähert werden, und auch die falschen Stimmbänder näher gegen einander treten, so dass hier eine Reihe von Anfractuositäten gebildet wird, an denen sich die Luft mit einem starken, rauhen Geräusche reibt, welches dieses starke H der Araber darstellt.

Auch der einfache Verschluss des Kehlkopfes, das einfache Aneinanderdrücken der Stimmbänder ist ein Sprachelement. Wir bezeichnen in unserer Schrift den Verschluss der Stimmritze nicht besonders, weil er überall da stattfindet, wo ein Wort mit einem Vocal anfängt, und weil er bei uns im Innern der Wörter seltener vorkommt. Bei den Griechen aber wurde er durch ein eigenes Schriftzeichen, durch den Spiritus lenis ausgedrückt. Wenn der beginnende Vocal angesprochen werden sollte aus der verschlossenen Stimmritze, so bekam er den sogenannten Spiritus lenis, und wurde dann so angesprochen wie bei uns alle anlautenden Vocale, wenn er dagegen den Spiritus asper erhielt, so wurde er mit offener Stimmritze angesprochen, und zwar bei mässig entfernten, sich dann einander nähernden Stimmbändern, so dass ihm ein Reibungsgeräusch, ein H vorherging. Die Araber betrachten den Verschluss der Stimmritze geradezu als einen Consonanten, welchen sie mit dem Namen Hamze bezeichnen. Es kommt bei ihnen dieser Verschluss als Sprachelement nicht nur zu Anfang, sondern auch in der Mitte und selbst zu Ende der Wörter vor, und deshalb haben sie für ihn ein eigenes Schriftzeichen, welches sie mit zu den Consonantenzeichen rechnen.

Wenn man die Stimmbänder aneinander drückt und ihren Verschluss gewaltsam durchbricht, dabei aber die Stimmbänder noch weiter aneinander drückt, so dass die Luft in kleinen Explosionen fortgeht, so erzeugt man dadurch ein knarrendes Geräusch. So lange die Stimmritze nur verengt ist, so lange erleidet die Luft nur Verdichtungen und Verdünnungen, welche je nach der Schwingungsdauer der Stimmbänder einen höheren oder tieferen Ton geben; wenn man aber die Stimmbänder aneinander drückt, wird jedesmal die Luft vollständig abgeschnitten, es werden nur successive und rasch hinter einander kleinere Luftquantitäten hinausgestossen, welche durch die rasch auf einander folgenden Explosionen jenes knarrende Geräusch erzeugen. Dieses Geräusch ist das Ain der Araber. Es führt den Namen Ain, Auge, nach dem Schriftzeichen, welches die Araber dafür haben. Es ist der Anfangsconsonant z. B. in Adam, Ali, wo wir keinen Consonanten sprechen, weil wir diese Wörter einfach aus dem Kehlkopfverschlusse ansprechen, während die Araber sie mit jenem knarrenden Geräusche ansprechen, welches den für den Europäer so schwer auszusprechenden arabischen Consonanten Ain repräsentirt.

Die Vocale entstehen nicht im Kehlkopfe, sondern in der Mund- und in der Rachenhöhle, in dem Ansatzrohre, welches an das Stimmwerk angesetzt ist, und zwar entstehen sie durch Reflexionen, welche die Schallwellen, die aus dem Kehlkopfe herauskommen in diesem Ansatzrohre erleiden. Wenn verschiedene Wellensysteme, direct fortschreitende und reflectirte, auf einander treffen, so setzen sich, wie Sie wissen, die Impulse zusammen nach dem Gesetze von der Coexistenz der kleinen Bewegungen, ähnlich wie sich auf einem Wasserspiegel auch die fortschreitenden und die reflectirten Wellen zusammensetzen, nur dass die Wasserwellen Transversalwellen sind, während man es beim Schall mit Longitudinalwellen zu thun hat. So entstehen also in der Mund- und Rachenhöhle complicirte Wellensysteme, welche an unser Ohr gelangen und dort wieder in verschiedene Systeme von pendelartigen Schwingungen zerlegt werden, wie wir das später in der Akustik werden kennen lernen. Vermöge dieser verschiedenen Systeme von pendelartigen Schwingungen, die wir durch eine Art physiologischer Analyse erhalten, werden verschiedene Arten von Nervenfasern in unserem Ohre erregt, und dadurch werden uns qualitativ verschiedene Tonempfindungen erzeugt, welche wir mit dem Namen der verschiedenen Färbungen der Stimme belegen. Unter die Kategorie dieser verschiedenen Färbungen fallen auch die Vocale; sie werden alle dadurch hervorgebracht, dass man dem Ansatzrohre verschiedene Dimensionen und verschiedene Gestalt gibt. Man kann die Vocale in eine natürliche Reihenfolge bringen, die aber nicht lautet a e i o u, sondern i e a o u. Beim i ist das Ansatzrohr am kürzesten, indem der Kehlkopf am höchsten gehoben wird, die Lippen zurückgezogen werden und die Mundspalte der Breite nach erweitert wird. Zugleich ist beim i die Ausflussöffnung relativ gross, wegen der in die Breite gezogenen Mundspalte. Beim u dagegen ist das Ansatzrohr am längsten, indem der Kehlkopf herabgezogen wird, und die Mundöffnung nach vorn geschoben und zugleich verengt wird, indem die Lippen in eine runde Oeffnung zusammengezogen werden. Sie sehen also, dass hier ähnliche Mittel in Anwendung gebracht werden, um auf den ursprünglichen Ton zu wirken, wie dies bei der Physharmonika der Fall ist. Ausserdem ist beim i und e der Mundkanal in eine vordere und hintere Abtheilung gebracht, indem die Zunge in der Mitte gehoben und dem Gaumen genähert wird. Man hat zu verschiedenen Zeiten künstliche Maschinen gebaut, welche die menschliche Sprache nachahmen sollten. Zuerst hat Wolfgang von Kempelen ein solches Instrument verfertigt, das, so weit es sich um Erzeugung der Vocale handelte, aus einem Stimmwerke und einem Kautschuktrichter bestand. Dadurch, dass er letzteren mit der Hand in verschiedener Weise und mehr oder weniger deckte, und so die Resonanz des Stimmwerkes veränderte, ahmte er die verschiedenen Vocale nach. Zu derselben Zeit hat Kratzenstein, Professor der Physik in Jena, um eine Preisaufgabe der Petersburger Akademie zu lösen, die verschiedenen Vocale dadurch nachgeahmt, dass er auf ein Stimmwerk Ansatzröhren von verschiedener Form und verschiedenen Dimensionen setzte.

Wenn man Kempelen's Vocaltrichter aus Holz nachbildet, in den Hals ein Stimmwerk, eine der Stimmen, wie sie zum Bau einer Mundharmonika verwendet werden, einsetzt, und die vordere breitere Oeffnung

durch ein Brett mehr oder weniger verschliesst, so wird der Ton merklich vocalisch verändert. Der Trichter gibt a, o und u ziemlich deutlich; a bei der grössten, u bei der kleinsten Oeffnung. Die Vocale e und i lassen sich auf diesem Wege nicht erkennbar hervorbringen. Willis hat einen andern, flacheren Vocaltrichter construirt, welcher ein erkennbares e, aber auch kein i gibt. Es hängt dies damit zusammen, dass die Bedingungen, welche zum Entstehen des i nöthig sind, nicht erfüllt werden. Erstens müsste, wie dies bei der Mundhöhle geschieht, die Höhle des Trichters in zwei Theile getheilt werden können, und ausserdem kommt noch hinzu, dass beim Hervorbringen des i auf natürlichem Wege die die Mundhöhle umgebenden Theile viel stärker mitschwingen, als bei andern Vocalen. Das ist auch den Taubstummenlehrern bekannt, und sie lehren den Taubstummen das i erkennen, indem sie seine Hand auf ihren Kopf legen, während sie i anhaltend hervorbringen, wo er dann ein Schwirren fühlt, welches er nicht wahrnimmt, wenn ein a oder o, oder ein anderer sogenannter offener Vocal lautet.

Die reinen Vocale werden hervorgebracht bei geschlossener Gaumenklappe; wenn die Gaumenklappe geöffnet wird, so sind die Vocale nasalirt. Man hat dies bestritten und hat dagegen angeführt, das Oeffnen der Gaumenklappe könne es nicht sein, was das Nasaliren hervorruft, weil man ja mit zugehaltener Nase ganz gut nasaliren könne. Man hat aber hier verkannt, was eigentlich das Wesentliche sei. Es ist ja nicht behauptet worden, dass das Nasaliren dadurch entsteht, dass die Luft aus der Nase ausströmt. Das Nasaliren entsteht dadurch, dass die Luft in der Nasenhöhle in Mitschwingungen geräth. Wenn ich die Nase zuhalte, so thue ich nichts Anderes, als dass ich ein offenes Ansatzrohr in ein geschlossenes verwandle, in welchem jetzt die Luft im Allgemeinen noch besser mitschwingt als in einem offenen Ansatzrohre. Dass wirklich bei den reinen Vocalen die Gaumenklappe geschlossen ist und beim Nasaliren offen, davon kann man sich überzeugen, indem man die Flamme eines Wachsstockes in die Nähe der Nase hält, so dass sie getroffen wird von Luft, welche aus der Nase kommt, aber nicht von der, welche aus der Mundhöhle ausströmt. So lange man einen reinen Vocal spricht oder singt bleibt die Flamme ruhig, sowie man nasalirt, flackert die Flamme. Ein anderes, noch empfindlicheres Verfahren hat Czermak angegeben. Er bringt einen Spiegel, der hinreichend warm ist, um nicht zu beschlagen, wenn man ihn an die Haut ansetzt, mit der spiegelnden Fläche nach oben gewendet, an die Oberlippe und spricht oder singt einen reinen Vocal; dann beschlägt der Spiegel nicht: beim Nasaliren dagegen entsteht sofort ein Beschlag.

Czermak hat auch gezeigt, dass bei verschiedenen Vocalen das Gaumensegel verschieden stark angezogen wird, am wenigsten beim a, am meisten beim i, dem am meisten geschlossenen Vocal. Der Grund davon ist leicht einzusehen. Wenn die Luft vorn frei ausfliessen kann, so braucht der Verschluss gegen die Nasenhöhle hin nur ein lockerer zu sein; wenn die Luft aber durch einen engen Kanal ausgetrieben werden soll, so muss das Gaumensegel schärfer hinaufgezogen werden, um einen festeren Verschluss zu bilden, damit die Luft nicht gegen die Nasenhöhle hin durchbreche und die Luft in derselben in Mitschwingungen versetze. Um das Factum zu beweisen, biegt er einen Draht rechtwinklig

um und wickelt dann das eine Ende desselben in eine in der Fläche liegende Spirale auf. Diesen Draht führt er durch den unteren Nasengang ein, so dass die Spirale, welche er, um ihr ihre Rauhigkeiten zu nehmen, mit Wachs bekleidet hat, auf dem Gaumensegel ruht. So wie das Gaumensegel sich hebt, wird dies merklich durch eine seitliche Schwankung des Drahtes, der zur Nase heraushängt. Wenn man von a durch ä und e in i übergeht, so bemerkt man, dass die Ablenkung immer stärker wird, zum Zeichen, dass beim i das Gaumensegel stärker hinaufgezogen wird als bei den anderen Vocalen.

Von den Consonanten beruhen nur die M-, N- und NG-Laute, wie die Vocale, lediglich auf Resonanz. Sie unterscheiden sich von den Vocalen dadurch, dass bei ihnen die Mundhöhle irgendwo geschlossen wird, entweder mit den Lippen, oder mit dem vorderen Theile der Zunge, oder mit dem mittleren oder hinteren Theile der Zunge, während bei den Vocalen der Mundkanal in seiner ganzen Länge offen ist. Weil diese Consonanten wie die Vocale auf Resonanz beruhen, sind sie auch als Halbvocale bezeichnet worden. Die übrigen Consonanten werden alle bei geschlossener Gaumenklappe gebildet, und es tritt entweder ein Verschluss im Mundkanale ein, das geschieht bei b, p, d, t, g und k, oder es wird irgendwo ein von der Stimme unabhängiges accessorisches Geräusch gebildet, welches entweder für sich allein den Consonanten repräsentirt, wie dies bei den tonlosen Consonanten der Fall ist, oder welches neben dem Tone der Stimme erscheint, wie dies bei den tönenden Consonanten der Fall ist.

(Ende des ersten Bandes.)

Druck von Adolf Holzhausen in Wien
k. k. Universitäts-Buchdruckerei.

VORLESUNGEN

ÜBER

PHYSIOLOGIE

VON

ERNST BRÜCKE.

UNTER DESSEN AUFSICHT NACH STENOGRAPHISCHEN
AUFZEICHNUNGEN HERAUSGEGEBEN.

ZWEITER BAND.

PHYSIOLOGIE DER NERVEN UND DER SINNESORGANE UND ENTWICKELUNGS-GESCHICHTE.

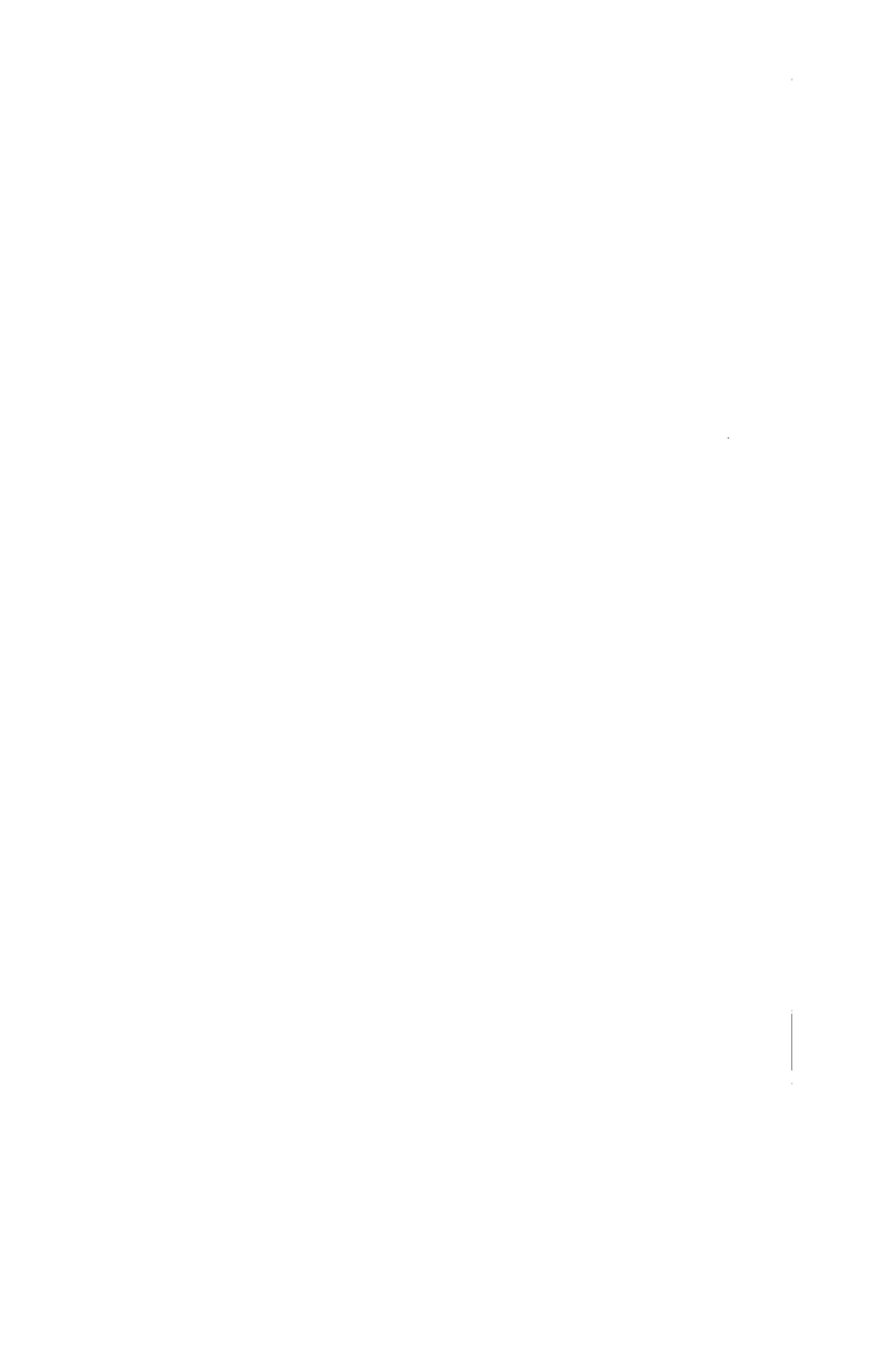
ZWEITE VERMEHRTE UND VERBESSERTE AUFLAGE.

MIT 99 HOLZSCHNITTEN.

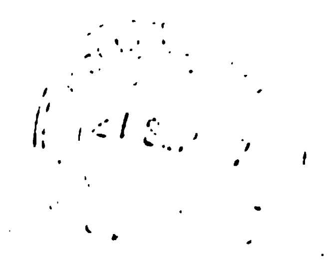
WIEN, 1876.

WILHELM BRAUMÜLLER

K. K. HOF- UND UNIVERSITÄTSBUCHHÄNDLER.



INHALT.



Nervensystem.

Allgemeines.

Wir haben uns jetzt mit der Physiologie des Nervensystems zu beschäftigen. Ehe wir darauf eingehen, müssen wir uns zuerst näher mit den Formbestandtheilen des letzteren bekannt machen. Man theilt die Elemente des Nervensystems ein in zellige und in faserige.

Man kann das Nervensystem vergleichen mit dem Telegraphensysteme eines Staates, wo dann die zelligen Elemente die aufgestellten Apparate vorstellen, während die faserigen, die Nervenfasern, die Drahtleitungen vorstellen, auf welchen die Impulse, einerseits vom Centrum gegen die Peripherie, andererseits von der Peripherie nach dem Centrum befördert werden. Man muss dann das Gehirn und Rückenmark ansehen als die grosse Telegraphenstation der Hauptstadt und die in den verschiedenen Theilen des Körpers zerstreuten Ganglien als die Stationen der kleineren Orte. Wie wir später sehen werden, lässt sich dieser Vergleich nicht im Einzelnen durchführen und aufrechterhalten, im Grossen und Ganzen kann man ihn aber gelten lassen.

Wenn an einer Nervenfaser Alles, was daran vorhanden sein kann, vorkommt, so besteht sie aus der Scheide, einer membranösen, röhrigen Hülle, aus dem Marke und aus dem Axencylinder, nach seinem Entdecker Purkinje, der Purkinje'sche Axencylinder genannt. Er wird auch bezeichnet mit dem Namen des Remak'schen Bandes. Der Axencylinder ist nur ausnahmsweise an der frischen Nervenfaser zu sehen, bisweilen dadurch, dass er an abgerissenen Enden heraushängt; meist muss man sich künstlicher Mittel bedienen, um ihn sichtbar zu machen. Das Nervenmark besteht theils aus Eiweisskörpern, theils aus Cerebrin, Lecithin, Cholesterin und aus Fett, also aus Körpern, von denen ein grosser Theil in Alkohol löslich ist. Man nimmt ein Nervenbündel und kocht es in Alkohol aus. Nachdem dies geschehen, zerfasert man es. Das Nervenmark ist nun krümlich geworden und man sieht in demselben den Axencylinder als einen centralen Strang verlaufen. Er ist aber durch das Auskochen mit Alkohol stark geschrumpft, auf die Hälfte oder ein Drittheil seines wahren Durchmessers. Häufig gelingt es auch beim Zer-

reissen der Nervenfaser den Axencylinder eine kürzere oder längere Strecke lang aus der Scheide und den darin befindlichen Resten des Markes heraushängen zu sehen. Ein anderes Hülfsmittel, das von Pflüger angegeben ist, besteht darin, dass man ein Stück eines ganz frischen Nervenstammes, ohne Wasser hinzuzufügen, auf dem Objectträger zerzupft und dann einen Tropfen Collodiumlösung darauf setzt; dann infiltrirt sich die Nervenfaser mit Collodium und nun sieht man im Innern derselben den Axencylinder verlaufen. Noch viel besser kann man den Axencylinder sehen an gehärteten und gefärbten Präparaten. Man nimmt ein Stück von einem Nerven oder ein Stück des Rückenmarks und legt es in Chromsäure, worin es sich soweit erhärtet, dass man es in dünne Schnitte zerlegen kann. Diese dünnen Schnitte bringt man in eine ammoniakalische Karminlösung. Dann färbt sich zuerst der Axencylinder; das Nervenmark nimmt die Färbung schwierig an, so dass zu einer Zeit, wo der Axencylinder schon tief roth gefärbt ist, das Nervenmark noch völlig weiss ist. Dann sieht man auf Längsschnitten den gefärbten Axencylinder durchschimmern und auf Querschnitten sieht man im Centrum den schön roth gefärbten Axencylinder, rundum das Mark und nach aussen davon einen Contour, welcher die Scheide der Nervenfaser darstellt. So schön diese Bilder sind, so sind sie indessen, wie Fleischl nachgewiesen hat, doch in hohem Grade unwahr. Man hat hier nur das geschrumpfte Gerinnsel des eigentlichen Axencylinders, wie er im Leben existirt, vor sich. Des letzteren Consistenz ist wahrscheinlich so gering, dass man sich, wie dies ja bei lebenden Gebilden öfter der Fall ist, schwer entscheiden kann, ob man ihn fest oder flüssig nennen soll. Wenn man Stücke eines und desselben Nerven oder eines und desselben Rückenmarks in Chromsäure, in Alkohol und in Ueberosmiumsäure härtet, so ist der Axencylinder in den in den beiden letzteren Flüssigkeiten gehärteten Präparaten immer viel dicker im Verhältnisse zum Mark, und an Längsschnitten von Chromsäurepräparaten sieht man oft statt des geraden Stranges, den der Axencylinder darstellen soll, einen vielfach angeschwollenen, ja ganz unregelmässigen, mit einer Menge von seitlichen, hernienartigen Ausstülpungen, die sich weit in das Mark hinein erstrecken, versehenen. Besser conservirt der Axencylinder seine Gestalt in sehr verdünnter Ueberosmiumsäure, man kann ihn auch hier auf Querschnitten sehr schön erkennen, wenn man die Säure so lange einwirken lässt, dass sich das Mark dunkel färbt, nicht aber der Axencylinder.

Der Axencylinder zerfällt häufig an seinem peripherischen Ende in sehr feine Fäden. Diese Theilung in feine Fäden kann sich auch, eine kürzere oder längere Strecke weit, in den Axencylinder hinauf fortsetzen. Wenn aber in neuerer Zeit angegeben worden ist, dass der Axencylinder überall aus einer grossen Menge von ausserordentlich feinen Fäden bestehe, welche sich sogar durch die Ganglienzellen, aus denen der Axencylinder, wie wir später sehen werden, entspringt, hindurch fortsetzen sollen, so ist dies etwas, wofür der Beweis vorläufig noch mangelt.

Es ist überhaupt schwer, etwas Bestimmteres über die Structur des Axencylinders auszusagen, weil wir so wenig Gelegenheit haben ihn im lebenden, im ganz frischen und unveränderten Zustande zu untersuchen.

Der Axencylinder ist offenbar der wesentliche Theil der Nervenfaser, in welchem die Fortleitung der Nervenerregungen stattfindet, denn

alle andern Theile der Nervenfaser können fehlen, nur der Axencylinder muss vorhanden sein. Eine Nervenfaser kann als nackter Axencylinder aus einer Ganglienkugel entspringen, dieser kann dann nachher erst eine Markscheide und eine Hülle bekommen, er kann mit dieser eine Strecke lang verlaufen als markhaltige Nervenfaser, und dann kann er gegen sein peripherisches Ende wiederum die Markscheide verlieren, es kann der Axencylinder allein sich fortsetzen, so dass wir deutlich sehen, dass es der Axencylinder ist, der als wesentlicher Theil der Nervenfaser conservirt wird.

Wenn die Nervenfaser aus dem Körper herausgenommen und unter das Mikroskop gebracht wird, besonders wenn man Wasser oder verdünnte Kochsalzlösung hinzusetzt, so geht das Nervenmark eine eigenthümliche Veränderung, eine Art Gerinnung ein, und bei dieser Veränderung geschieht es, dass sich am Rande zwei mehr oder weniger unregelmässige Contouren neben einander bilden, indem das stark lichtbrechende Mark sich nicht nur nach aussen gegen die membranöse Scheide, sondern auch nach innen gegen den noch nicht geschrumpften, sehr schwach lichtbrechenden Axencylinder absetzt. Wegen dieser doppelten Contouren, welche diese markhaltigen Nervenfasern unterm Mikroskope erhalten, bezeichnet man sie mit dem Namen der doppelrandigen Nervenfasern.

Eine andere Art von Fasern kommt vor in der weissen Substanz des Gehirns, dann im Stamme des Nervus olfactorius, dann im Opticus und im Acusticus. Diese verhalten sich, wenn sie aus dem Körper herausgenommen werden, anders als die eben besprochenen doppelrandigen Nervenfasern. Sie verändern sich so, dass das gerinnende Mark sich in einzelne tropfenförmige Klumpen zusammenballt, die gewissermassen Perlen darstellen, welche auf den Axencylinder aufgezogen sind, und diese Fasern nennt man die markhaltigen perlschnurförmigen oder die varicösen Nervenfasern.

Also die doppelrandigen Nervenfasern sind nicht im lebenden Körper doppelrandig und die markhältigen varicösen sind im lebenden Körper auch nicht varicös: beide Arten von Nervenfasern sind glattrandig, wenn sie aber aus dem Körper herauskommen, besonders wenn Wasser zugesetzt wird, so verändern sie sich in dieser Weise, und weil diese Veränderungen charakteristisch und leicht wieder zu erkennen sind, so nennt man die eine Art die doppelrandigen, die andere die varicösen oder perlschnurförmigen Fasern.

Die Nervenfasern haben eine sehr verschiedene Dicke. Die dicksten kommen bei den Fischen vor. So hat der Zitterwels, Malapterurus electricus, zu jeder Seite eine einzige Nervenfaser für das ganze electrische Organ. Diese entspringt als ein sehr dicker Axencylinder, der sich mit einer ebenso dicken Scheide umgibt und sich nun nach und nach so lange dichotomisch theilt, bis er das ganze Organ versorgt hat. Eine andere sehr dicke Faser liegt bei den Fischen jederseits im Rückenmarke, in dem sie von oben nach abwärts verläuft. Diese Faser hat man auch mit dem Namen der colossalen Faser bezeichnet. Von den Nervenfasern, welche in den Nervenstämmen verlaufen, sind im Allgemeinen die motorischen dicker, als die sensiblen; vorherrschend dünne Fasern verlaufen im Grenzstrange des Sympathicus.

Ausser diesen markhaltigen Nervenfasern gibt es nun noch marklose, also Fasern, die aus einem Axencylinder, mit oder ohne eine umgebende Scheide, bestehen. Als Remak diese marklosen Fasern zuerst im Sympathicus auffand, da war man geneigt, sie für eine eigene Art von Nervenfasern zu halten, und man bezeichnete sie mit dem Namen der grauen Fasern, im Gegensatze zu den gewöhnlichen oder markhaltigen Fasern. Die markhaltigen Fasern sind weiss wegen des stark lichtbrechenden Markes, welches in ihnen enthalten ist und wegen der starken Reflexion, die dieses Mark bedingt. Deshalb ist die weisse Substanz des Gehirns weiss und die weisse Substanz des Rückenmarkes weiss. Die graue Substanz des Gehirns und Rückenmarkes ist deshalb dunkler gefärbt, weil sie eben diese markhaltigen Fasern nicht enthält, sondern weil sie aus zelligen Elementen und aus marklosen Fasern, Blutgefässen u. s. w. besteht. So erschienen nun auch diese marklosen Fasern, da wo sie in grösserer Masse zusammenliegen, dem blossen oder nur mit der Loupe bewaffneten Auge grau, im Verhältnisse zu den entschieden weissen markhaltigen Fasern, und deshalb hat man ihnen den Namen der grauen Fasern gegeben. Man hat aber später eingesehen, dass dies überhaupt keine eigene Art von Nervenfasern ist, und dass man die Nervenfasern im Allgemeinen nicht eintheilen kann in markhaltige und marklose Fasern, weil ein und dieselbe Nervenfaser marklos entspringen kann, nämlich als nackter Axencylinder, dann markhaltig wird, indem sie sich mit einer Markscheide umgibt und endlich in ihrer peripherischen Ausbreitung wiederum marklos wird, weil sie die äussere Scheide verliert und der Axencylinder sich noch weiter verzweigt. Ja, manche Arten von Nervenfasern sind selbst im Extrauterinleben, in der Kindheit, noch marklos, während sie sich doch in einer späteren Zeit mit einer Markscheide umgeben.

Von den marklosen Nervenfasern gibt es wiederum verschiedene Formen. Erstens gibt es solche, welche entweder rundlich oder etwas bandartig plattgedrückt sind und auf welchen man von Stelle zu Stelle längliche Kerne findet. Das ist die erste Form von allen embryonalen Nervenfasern und zugleich kommen sie, wie gesagt, selbst im Extrauterinleben an Stellen vor, wo man später markhaltige findet. Wenn man den harten Gaumen eines neugebornen Kindes untersucht, so findet man dort eine grosse Menge von Fasern mit länglichen Kernen, so dass man bei dem ersten Anblicke glaubt, man hätte es mit glatten Muskelfasern zu thun. Verfolgt man diese aber weiter, so sieht man, dass sie in Stämmchen zusammenlaufen und den Charakter der Nerven an sich tragen. Vergleicht man damit den Gaumen eines Erwachsenen, so findet man an ihrer Stelle markhaltige Nervenfasern, indem sie später eine Markscheide erhalten haben.

Andere Arten von Nervenfasern, die man mit dem Namen der marklosen varicösen Fasern bezeichnet, gleichen einem dünnen Faden, der von Stelle zu Stelle kernartige Anschwellungen hat. Noch andere sind mehr oder weniger drehrund oder abgeplattet, bald gröbere und bald feinere Fäden, die entweder parallel nebeneinanderlaufen oder sich dichotomisch verzweigen. Man sieht also, dass diese Arten von Nervenfasern nichts Charakteristisches haben. Man kann also auch einer solchen marklosen Nervenfaser unter dem Mikroskope nicht ansehen, ob sie eine Nervenfaser ist oder ob sie keine Nervenfaser ist. Ganz anders verhält es sich.

wie wir gesehen, mit den markhaltigen. Diese kann man durchaus mit keinem andern Gewebselemente verwechseln; und wenn man deshalb unter dem Mikroskope Fasern hat, von welchen man Verdacht schöpft, dass sie marklose Nervenfasern seien, so kann man die Gewissheit hierüber nur dadurch erlangen, dass man sie zu verfolgen sucht bis zu ihren Verbindungen mit einer markhaltigen Faser. Es ist dies nicht zu allen Zeiten hinreichend beachtet worden und man hat deshalb manche Untersuchungen über Verbreitung von Nervenfasern oder angeblichen Nervenfasern in Organen veröffentlicht, die nicht denjenigen Grad von Sicherheit haben, welchen dergleichen Untersuchungen haben sollten.

Diese marklosen Nervenfasern sind eben äusserst blass und äusserst schwer in den Geweben zu sehen und man hat deshalb verschiedene künstliche Hülfsmittel angewendet, um sie in den Geweben noch sichtbar zu machen. Nun hat man gefunden, dass sich mittelst Goldchlorid die Nerven eigenthümlich violett färben lassen, und man hat deshalb diese violette Färbung in den Organen vielfältig benützt, um in denselben noch Nervenverbreitungen sichtbar zu machen, die man ohne weitere Präparation nicht mehr sehen kann. Da diese Färbung mit Goldchlorid auf einem Reductionsprocesse beruht, und nicht blos Nervenfasern, sondern auch andere Gebilde sich färben, so kann man den Satz, dass sich Nervenfasern mit Goldchlorid färben, nicht ohne Weiteres umkehren und nicht sagen, das, was sich mit Goldchlorid färbt, ist Nervenfaser; sondern man muss immer suchen, die Nervenfasern nach rückwärts zu verfolgen und ihre Verbindungen mit markhaltigen Fasern nachzuweisen: erst dann hat man die Ueberzeugung, dass man es mit marklosen Nervenfasern und nicht mit anderen Gewebselementen zu thun habe.

Man war früher der Meinung, dass die Nervenfasern ungetheilt von ihrem Anfange bis zu ihrem Ende verlaufen. Das kam daher, dass man die Theilungen im Verlaufe der Stämme suchte. Da befinden sie sich aber nicht, sondern immer in der Nähe der peripherischen Enden der Nerven. Nachdem Schwann schon früher einmal eine getheilte Nervenfaser im Schwanze einer Froschlarve gesehen hatte, wurden später in den Augenmuskeln Theilungen von Nervenfasern aufgefunden. Nachdem die Nerven in die Muskeln eingetreten sind, theilen sie sich mehrfach dichotomisch, um dann erst zu endigen. Später hat Reichert ein noch geeigneteres Object an einem kleinen Muskel gefunden, der seitlich vom Brustbein der Frösche zur Haut geht. An diesem lassen sich sehr schön eine grosse Menge von Theilungen beobachten. Noch viel zahlreicher sind die Theilungen der motorischen Nerven an den Gliederthieren, z. B. bei den Krebsen, wo sich die Nervenfasern förmlich baumartig verzweigen, ehe sie sich an die einzelnen Muskelfasern vertheilen. Auch andere Nervenfasern als die motorischen verzweigen sich. Am zahlreichsten kommt dies bei den electrischen Nerven vor, besonders bei den Nerven von Malapterurus electricus. Auch die sensiblen Nervenfasern verzweigen sich, theils so lange sie noch markhaltig sind, theils nachdem sie ihr Mark verloren. Wenn sich eine markhaltige Nervenfaser verzweigt, so geschieht dies in der Weise, dass an dem Marke und der Scheide eine kleine Einschnürung entsteht und von dieser Einschnürungsstelle aus zwei oder manchmal drei Nervenfasern abgehen, indem sich der Axencylinder dem entsprechend in eben so viele neue Fäden theilt. Dergleichen Verzweigungen können mehrmals hintereinander statt-

finden. Die Theilungen marklos gewordener Fasern gehen so vor sich, dass sie in feine Fäden zerfallen, die complicirte Strickwerke und Plexus bilden können, wie solches namentlich von den Nerven der Hornhaut bekannt ist.

Es fragt sich nun, wie entspringen die Nervenfasern? Die Nervenfasern entspringen im Centralorgane, im Gehirn- und Rückenmark und in den Ganglien, von eigenthümlichen Zellen, welche man mit dem Namen der Ganglienzellen oder Ganglienkugeln belegt hat. Man fand sie zuerst, indem man Ganglien unter dem Mikroskope im Wasser zerzupfte. Da riss man die Ursprünge der Nervenfasern von den betreffenden Zellen ab. Diese waren im Wasser zu sphäroidischen Massen aufgequollen, stellten also Kugeln dar, und daher rührt der Name Ganglienkugeln. Heutzutage, wo man die Sachen besser in situ und an gehärteten Präparaten studiren kann, da weiss man, dass von diesen Zellen wohl keine einzige eine wirkliche Kugel ist, sondern dass sie eine sehr unregelmässige Gestalt haben; weshalb auch von Manchen der Name Ganglienkugeln vermieden wird, so dass sie als Ganglienzellen, als Ganglienkörper oder auch schlechtweg als Nervenzellen bezeichnet werden. Jede dieser Ganglienkugeln besteht aus einem Protoplasmaleibe, zu dem noch eine äussere Hülle hinzukommen kann, und aus einem Kerne. In diesem Kerne befindet sich wieder ein Kernkörperchen, und in einigen Ganglienkugeln hat Mauthner in diesem Kernkörperchen noch ein Kernkernkörperchen gefunden, welches er mit dem Namen Nucleololus bezeichnet. Gewöhnlich sieht man den Kern in dem körnigen Protoplasma der Ganglienzelle als eine runde oder mehr oder weniger unregelmässige, aber doch immer scharf begrenzte Masse liegen und in ihm das Kernkörperchen. Es scheint aber als ob im Leben der Kern nicht immer so streng von dem übrigen Protoplasma geschieden wäre, es scheint, dass er mit ihm in einem näheren Zusammenhange ist. Wenigstens muss man dies aus Bildern schliessen, welche E. Fleischl bekommen hat, indem er ganz frische, lebende Ganglienkugeln in Borsäurelösung hineinbrachte, wo sich dann der Kern gewissermassen nach und nach aus dem Protoplasma losschälte, mit dem seine Masse offenbar in einer innigeren Verbindung war, als man sie an den bereits abgestorbenen Ganglienkugeln wahrnimmt.

Die Ganglienkugeln theilt man ein in apolare, d. h. in solche, die keine Fortsätze haben, sondern blos aus einem runden Protoplasmaleibe mit oder ohne Hülle bestehen, in welcher ein Kern mit Kernkörperchen liegt. Zweitens in unipolare, d. h. in solche, von denen ein Fortsatz ausgeht, der dann in eine Nervenfaser übergeht. Oder in bipolare, die mit zwei Nervenfasern in Verbindung stehen, die gewöhnlich nach entgegengesetzter Richtung abgehen, so dass die Ganglienkugel in den Verlauf der Nervenfaser eingeschaltet erscheint. Endlich in multipolare, bei denen drei oder mehrere Fortsätze vorhanden sind, von denen wenigstens einer in eine Nervenfaser übergeht. Diese Fortsätze an den multipolaren Ganglienzellen gehen nämlich keineswegs alle in Nervenfasern über, wenigstens nicht direct, sondern die meisten von ihnen verzweigen sich in immer feinere Aeste, und diese dringen zwischen die umgebenden Gewebstheile ein, so dass die Ganglienkugel durch diese Fortsätze gewissermassen wie durch Wurzeln und Würzelchen in dem umgebenden Gewebe befestigt ist: dies sind die s. g. Protoplasmafortsätze.

Es ist behauptet worden, dass von jeder solchen Ganglienkugel nur immer ein Fortsatz direct in eine Nervenfaser übergehe. Es ist aber der Beweis, dass eine solche Ganglienkugel nur einen Fortsatz hat, welcher in eine Nervenfaser übergeht, in den meisten Fällen sehr schwer zu führen. Wenn wir die Ganglienkugeln durch Zerzupfen isoliren, so reissen wir sehr leicht einen oder den andern Fortsatz ab und erkennen dann hinterher die Stellen nicht mehr, an denen diese Fortsätze abgerissen sind. Daher rührt es auch, dass man in neuerer Zeit, wo man bessere Untersuchungsmethoden hat, lange nicht mehr so viel apolare Ganglienkugeln findet, als früher, wo man Alles durch Zerzupfen darstellte. Früher erschienen bei weitem die meisten Ganglienkugeln apolar, weil man ihre Fortsätze abgerissen hatte, und nur ausnahmsweise gelang es die eine oder andere zu finden, die noch mit einer Nervenfaser in Verbindung stand. Auf Durchschnitten von gehärteten Präparaten sieht man wiederum nur die Fortsätze, welche in der Ebene des Schnittes liegen, und man ist also nicht sicher alle Fortsätze einer solchen Ganglienkugel zu haben. Das Beste ist es noch, um die Fortsätze einer Ganglienkugel möglichst vollständig zu haben, dass man erst härtet und dann zerzupft, weil dann die Fortsätze eine grössere Consistenz haben und weil, wenn man sie abreisst, man wenigstens die Stellen, an denen ein Fortsatz abgerissen ist, da Alles geronnen ist, leichter erkennt, als wenn man die Gebilde frisch zerzupft. Wir werden später im Rückenmarke grosse Ganglienzellen kennen lernen, aus denen die Bewegungsnerven ihren Ursprung nehmen. An diesen ist allerdings immer ein Nervenfaserfortsatz als solcher ausgezeichnet: er tritt direct und ungetheilt in die motorische Wurzel über. Die übrigen, verzweigten, sogenannten Protoplasmafortsätze sollen nach Gerlach indirect durch ein nervöses Netzwerk mit centripetalen Bahnen in Verbindung stehen, vielleicht auch mit solchen, die zum Gehirn führen.

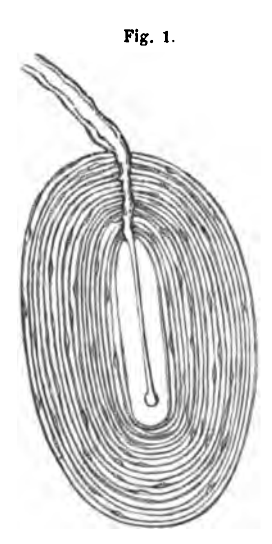
Diese bisher besprochenen Ganglienzellen oder Ganglienkugeln hat man auch mit dem Namen der Grossganglienkugeln bezeichnet, weil sie verhältnissmässig grosse Gewebselemente sind, so wie sie sich im Gehirn- und Rückenmark und sowie sie sich in den Wurzelganglien der Spinalnerven und in den grösseren Ganglien des Sympathicus finden. Diese Unterscheidung der Ganglienkugeln als Grossganglienkugeln ist aber eine unglückliche, weil sie keineswegs eine bestimmte Grösse haben, sondern auch kleinere Gewebselemente vorkommen, die ihnen functionell ganz gleich stehen. Wenn man auf die kleineren, mikroskopischen Ganglien des Sympathicus übergeht, z. B. auf die Ganglien in der Wand des Darmkanals und in der Wand der Harnblase, so findet man viel kleinere derartige Gebilde, die im Uebrigen ganz so beschaffen sind, die in derselben Weise mit Nervenfasern in Verbindung stehen, welche also den sogenannten Grossganglienkugeln voraussichtlich functionell gleichwerthig sind.

Im Centralorgane findet man ausser diesen Ganglienzellen noch andere Arten von zelligen Gebilden. Zunächst verhältnissmässig zarte, blasse Zellen, welche mit den weissen Gehirnfasern in Verbindung stehen und die man daher unzweifelhaft auch als Nervenzellen bezeichnen muss. Ausserdem findet man kleinere Zellen, bei welchen der Protoplasmaleib im Verhältnisse zur Grösse des Kernes klein ist, und endlich solche, bei denen der Protoplasmaleib so klein geworden ist, dass da, wo sie in Masse

zusammenliegen, nur ein Kern neben dem andern zu liegen scheint. Dies sind die s. g. Nuclearformationen, wie sie im Gehirne und in der Retina vorkommen. Nach der Constanz, mit der sie immer in bestimmten Theilen des Centralorganes und der Retina vorkommen, und da sie eben in anderen nicht nervösen Theilen kein Analogon finden, kann es wohl keinem Zweifel unterliegen, dass auch diese Elemente functionell zum Nervensysteme gehören.

Ausserdem findet sich im Centralorgane eine nicht unbeträchtliche Menge von Zellen und von Fasern, von denen man nicht mehr mit Bestimmtheit weiss, ob man sie functionell noch zum Nervensysteme rechnen oder ob man sie als Formationen betrachten soll, die mehr dem Bindegewebe angehören und welche zum Stützen und Zusammenhalten der Nervenelemente dienen. Daher rührt es auch, dass seit langer Zeit ein bis jetzt noch unentschiedener Streit darüber geführt wird, was im Centralorgane Nervenelemente, und was sogenanntes Bindegewebe sei. Eigentliches Bindegewebe kommt übrigens im Rückenmarke verhältnissmässig wenig vor. Das eigentliche Bindegewebe löst sich nämlich in einem Gemische von Salpetersäure und chlorsaurem Kali auf. Das wird schon seit lange von Budge und Anderen angewendet, um das Bindegewebe in den Organen zu zerstören und in das Bindegewebe eingelagerte Theile, Muskel, Drüsen u. s. w. zu isoliren. Wenn man nun einen Rückenmarkschnitt in dieses Gemisch einlegt, so findet man, dass nichts zerstört wird, als die Pia mater mit den Fortsätzen, die sie in das Rückenmark hineinschickt. Die übrigen Gewebe sind also offenbar kein wirkliches Bindegewebe. Da aber nichtsdestoweniger Vieles darunter ist, was man nicht mit Fug und Recht zum Nervensysteme zählen kann, so hat Kölliker hiefür den Namen Stützgewebe vorgeschlagen und dieser ist allgemein angenommen worden.

Fig. 1.



Eine weitere Frage ist die, wie endigen die Nervenfasern? Indem man sich die Fortleitung der Impulse in den Nervenfasern in ähnlicher Weise dachte, wie in Drahtleitungen, welche man zur Fortleitung electrischer Ströme braucht, so glaubte man gefunden zu haben, dass die Nerven in Schlingen endigen. In der That kann man auch in den Muskeln und an anderen Orten nicht selten Schlingen finden, aber das sind keine Endschlingen, sondern die Nerven verlaufen noch weiter, verzweigen sich dichotomisch, um dann in anderer Weise, die wir bald kennen lernen werden, zu endigen. Man weiss jetzt, dass von allen Nerven, deren Endigungsweise wir kennen, kein einziger in Schlingenform endigt.

Diejenigen Nervenendigungen, welche man zuerst kennen lernte, waren die in den s. g. Vater'schen oder Pacini'schen Körperchen (Figur 1). Der deutsche Anatom Vater fand, dass unter der Haut im Bindegewebe in der Vola manus und der Planta pedis eigenthümliche Körper liegen, welche wie eiförmige Beerchen, an den Endigungen der Nerven hängen. Diese Entdeckung ist wieder in

Vergessenheit gerathen, bis später Pacini diese Körperchen wieder fand und sie mikroskopisch untersuchte. Sie führen deshalb den Namen der Vater'schen oder Pacini'schen Körperchen.

Denkt man sich eine markhaltige Nervenfaser, so tritt diese in ein eiförmiges Gebilde und verliert nach und nach ihr Mark, während sie eine Reihe von bindegewebigen, membranösen Schichten durchbohrt, aus welchen das Pacini'sche Körperchen besteht. Diese Schichten sind sehr zahlreich, und nachdem die Nervenfaser sie alle durchbohrt und ihr Mark verloren hat, tritt endlich der nackte Axencylinder in einen inneren, mit einer durchsichtigen Substanz gefüllten Raum, wo er mit einer knopfförmigen Anschwellung endigt. Bisweilen theilt sich dieser Axencylinder so, dass er mit zwei Knöpfchen endigt, niemals aber sieht man eine Schlinge. Bisweilen ist auch der Axencylinder in grösserer Ausdehnung getheilt, und bisweilen ist das ganze Körperchen getheilt, so dass es einen Zwilling darstellt und die Nervenfaser sich in zwei Aeste theilt, deren jeder, in derselben Weise wie eine ungetheilte endigt.

Es fragt sich, was dies für Nerven sind, und was diese Körperchen zu bedeuten haben? Motorische Nerven können es offenbar nicht sein, da nichts vorhanden ist, was sie bewegen könnten. Man hat sie deshalb zunächst für Tastnerven gehalten. Als man aber die Verbreitung der Pacini'schen Körperchen näher kennen gelernt, musste man von dieser Idee zurückkommen. Denn erstens liegen sie in der Vola manus durchaus nicht günstig für das Tasten. Sie liegen in der Tiefe, im Bindegewebe unter der Cutis. Man hat sie aber auch später an Orten gefunden, wo an ein Tasten noch weniger zu denken ist, so im Mesenterium der Katzen und beim Menschen im Bindegewebe hinter dem Pankreas. Wenn man sie auch im Allgemeinen als Endigungen von Empfindungsnerven ansehen kann, so kann man sie doch nicht als Tastorgane deuten.

Das beste Object diese Körperchen zu untersuchen bietet das Mesenterium der Katze. Dieses braucht man nur gegen das Licht zu halten, dann sieht man die Körperchen an den Aesten der Nerven hängen, die neben den grossen Gefässen des Mesenteriums verlaufen. Man sieht sie in dem umgebenden Fette als kleine, helle, durchsichtige Punkte liegen. Beim Menschen findet man sie am leichtesten, indem man einen Durchschnitt durch die Fingerbeere macht. Da liegen sie unter der Haut, im Bindegewebe der Fingerbeere, und da beim neugebornen Kinde ebensoviel Pacini'sche Körperchen vorhanden sind als beim Erwachsenen, die Fingerbeere aber viel kleiner ist, so dass sie auf einen kleineren Raum beschränkt sind; so kann man sie hier am leichtesten und reichlichsten finden.



Fig. 2.



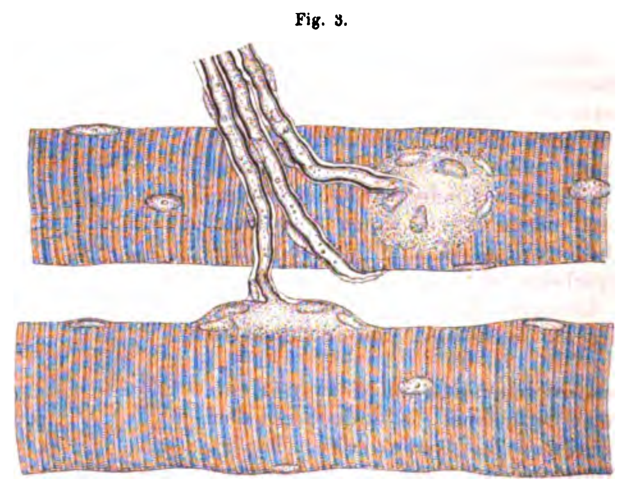
Die wahren Tastkörperchen sind von Meissner entdeckt worden, und man bezeichnet sie deshalb mit dem Namen der Meissner'schen Tastkörperchen (Fig. 2). Wenn man einen Durchschnitt durch die Fingerbeere macht, so findet man, dass die Hautpapillen nicht sämmtlich gleiche Länge haben, sondern dass zwischen verhältnissmässig langen Papillen, kürzere und dickere Papillen vorkommen. In den langen Papillen gehen die Gefässschlingen ganz hinauf bis an die Spitze, in diesen

kurzen Papillen aber liegt nur eine Gefässschlinge im unteren Theile derselben, und dafür liegt im oberen Theile ein längliches, eiförmiges oder, wie man gesagt hat, tannenzapfenartiges Gebilde, in welches hinein sich ein oder mehrere doppelrandige markhaltige Nervenfasern verfolgen lassen. Diese sieht man sich darin noch scheinbar theilen. Nach den von G. Thin im hiesigen pathologischen Institute ausgeführten Untersuchungen enthält jedes Tastkörperchen so viele von einer Kapsel umschlossene Einzelkörper als Nervenfasern eintreten, die in den Einzelkörpern endigen sollen, ohne sich zu theilen. Es gibt darnach Einlinge, Zwillinge und Drillinge. Jedes Einzelkörperchen ist hiernach das Endgebilde einer und nur einer Nervenfaser. Das ganze Körperchen ist mit Querstreifen bedeckt, als ob es aus einem oder mehreren fadenförmigen Gebilden zusammengeknäult wäre. Die Art und Weise, wie die Nervenfasern in diesem Gebilde endigen, kennt man nicht genau; man weiss nur, dass diese Körperchen wahre Endgebilde sind, und da sie gerade an denjenigen Theilen gefunden werden, mit denen wir vorzugsweise tasten, so ist der Schluss berechtigt, dass diese Körperchen wahre Tastkörperchen seien.

Noch an anderen Stellen des Körpers hat man unmittelbar unter der Oberfläche kolbenartige Gebilde gefunden, in welche offenbar sensible Nerven hineingehen. Man würde aber irren, wenn man daraus schliessen wollte, dass die sensiblen Nerven immer und überall mit kolbenartigen Endgebilden endigen müssen.

In neuerer Zeit hat Cohnheim die Nerven der Hornhaut näher untersucht und mit Hilfe der Vergoldungsmethode gefunden, dass die Nerven der Cornea, in der Nähe der Oberfläche derselben, ein reiches Netzwerk von marklosen Fasern, einen wahren Plexus bilden, und dass von diesem Plexus aus wieder kleine Fäden hinauf gehen, an die Oberfläche und zwischen den Epithelzellen blind endigen.

Fig. 3.



Von den motorischen Nerven kennt man bis jetzt nur die Endigungen in den Skeletmuskeln mit Sicherheit. Die Endigungen der motorischen Nerven in den unwillkürlichen Muskeln sind nicht mit Bestimmtheit bekannt. Die ersten derartigen Endigungen hat Doyère beobachtet, und zwar bei Gliederthieren, bei Tardigraden. Er beobachtete, dass das Sarkolemma der Muskelfaser sich in einen Hügel erhebt und dann sich unmittelbar fortsetzt in die Scheide

einer Nervenfaser, die in diesem Hügel endigt. Dieser Hügel liegt der contractilen Substanz äusserlich auf und er heisst nach seinem Entdecker der Doyère'sche Nervenhügel. Kühne hat später nachgewiesen, dass dies eine ganz allgemeine Art der Endigung ist, nicht nur bei andern Gliederthieren, sondern auch bei den Wirbelthieren und beim Menschen. Die markhaltige Nervenfaser verliert, wenn sie im Begriffe ist in die Muskelfaser einzutreten, ihr Mark, die Scheide geht in das Sarkolemma über und bildet einen Doyère'schen Hügel, der bald flacher, bald mehr convex ist. Der Axencylinder der Nervenfaser breitet sich in eine gelappte Platte aus, die, in einer körnigen, gelatinösen Masse eingebettet, der contractilen Substanz aufliegt. Diese gelappte Platte, die sogenannte Endplatte mit dieser körnigen gelatinösen Substanz, bilden zusammen den Inhalt des Doyère'schen Nervenhügels. Figur 3 zeigt zwei Muskelfasern eines Meerschweinchens (nach Engelmann) mit je einem Nervenhügel, den einen von oben gesehen, den andern von der Seite

So endigen die motorischen Nerven in allen denjenigen Skeletmuskeln, die nach dem Typus der menschlichen Skeletmuskeln gebaut sind, bei denen also auf dem Querschnitte jedesmal nur ein wandständiger Kern sich vorfindet. Wir wissen aber, dass bei den nackten Amphibien und auch in gewissen Muskeln der Vögel Muskelfasern vorkommen, die nach einem andern Typus gebaut sind, in welchem gewissermassen mehrere einzelne Fasern zusammengefasst sind, so dass mehrere Kerne auf einem und demselben Querschnitte gefunden werden, die dann innerhalb der contractilen Substanz vertheilt sind. Solche Muskeln haben auch eine andere Art der Nervenendigung. So bildet bei den Fröschen, nachdem die Scheide des Nerven in das Sarkolemma der Muskelfaser übergegangen ist, der Axencylinder keine zwischen Sarkolemma und contractiler Substanz liegende Endplatte, sondern er dringt in das Innere der contractilen Substanz ein, verzweigt sich darin und endigt dann in mehreren kernhaltigen Gebilden, die Kühne mit dem Namen der Endknospen bezeichnet.

Dass wir diese Nervenendigungen so gut und so vollständig haben untersuchen können, hat darin seinen Grund, dass die Nervenfasern bis zuletzt ihr Mark behalten, und der Grund, dass wir nichts Sicheres über die Endigungen der Nervenfasern in den organischen Muskeln wissen, ist der, dass bei diesen die Nervenfasern ihr Mark verhältnissmässig früh verlieren, und dass es dann sehr schwer ist, sie zu verfolgen. Man glaubt, dass die feinen Fäden, in welche sich zunächst die Nerven vertheilen, mit den Protoplasmaresten in Verbindung stehen, welche sich um den Kern der Muskelfaser herum befinden. Es ist bekannt, dass, wenn sich eine Muskelfaser ausbildet, die Umwandlung des embryonalen Protoplasmas in contractile Substanz im Allgemeinen von der Peripherie beginnt und dass an dem Kerne jederseits eine bald grössere, bald kleinere Menge nicht oder anders metamorphosirten Protoplasmas zurückbleibt. An diesem hat man nun feine Fäden hängen gesehen, von welchen man glaubt, dass sie mit den letzten Fäden, die man wiederum an den Nerven beobachtet hat, zusammenhängen. Es hat dies die Analogie für sich mit der Endigungsweise der Nervenfasern in den Froschmuskeln, in den sogenannten Endknospen.

Nachdem wir uns nun mit den Elementen des Nervensystems in morphologischer Beziehung im Grossen und Ganzen bekannt gemacht haben, wollen wir näher eingehen auf die physiologischen Eigenschaften der Nerven.

Wir haben früher gesehen, dass sich das Nervensystem im Grossen und Ganzen mit einem ausgebreiteten Telegraphensysteme vergleichen lasse, aber dabei bemerkt, dass dieser Vergleich im Einzelnen nicht durchführbar sei. Die Nerven sind in Rücksicht auf die Art, wie sie leiten, auf die Geschwindigkeit, mit welcher sie leiten, und in Rücksicht auf ihr Leitungsvermögen überhaupt, in hohem Grade verschieden von den metallischen Leitungen, welcher wir uns zum Fortleiten electrischer Ströme bedienen. Zunächst haben sie für die electrischen Ströme einen ausserordentlich grösseren Leitungswiderstand als Metallleitungen. Nach den Untersuchungen von Weber ist der Leitungswiderstand der Nervensubstanz ungefähr fünfzigmillionenmal so gross, als der des Kupfers.

Aber auch die Geschwindigkeit, mit der die Nervenfasern ihre eigenen Impulse leiten, ist verhältnissmässig sehr gering im Vergleiche mit der Geschwindigkeit, mit der sich die electrischen Erregungen fortpflanzen. Die Geschwindigkeit, mit der sich die Erregungen in den Nerven fortpflanzen, ist zuerst durch Helmholtz nach zwei verschiedenen Methoden gemessen worden.

Er benutzte bei der ersten Methode das Myographion, das dazu dient, den zeitlichen Verlauf der Muskelcontraction in einer Curve darzustellen. Dabei beobachtet man zuerst ein Stadium der latenten Reizung, hierauf erfolgt die Contraction des Muskels, erreicht ihr Maximum, dann erschlafft die Muskelfaser und kommt endlich nach einigen Schwingungen in ihrer Gleichgewichtslage zur Ruhe. Wenn man nun z. B. den Nerven des Gastroknemius des Frosches, welcher am Myographion arbeitet, lang herauspräparirt hat und einmal den Inductionsschlag, mit dem gereizt wird, dicht am Muskel durchgehen lässt, während man ihn ein anderes Mal in beträchtlicher Entfernung vom Muskel hindurchsendet, so erhält man zwei Zuckungscurven, die dann nicht zusammenfallen, sondern um ein Stück gegeneinander verschoben sind. Nimmt man nun zwei correspondirende Punkte der beiden Curven, z. B. die beiden Gipfel, und misst die horizontale Entfernung zwischen ihnen, so erhält man das Stück, um welches die zweite Curve gegen die erste verschoben ist, und, wenn man die Geschwindigkeit kennt, mit der der Cylinder, auf dem der Stift schreibt, rotirte, so kann man daraus die Zeit berechnen, die verbraucht wurde, damit die Erregung von der höheren Reizstelle bis zur tieferen fortgepflanzt wurde.

Die zweite Methode mittelst der Helmholtz die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregungen bestimmte, beruht auf einer Methode von Pouillet, die derselbe angegeben, um überhaupt sehr kleine Zeiträume zu messen. Wenn durch eine Tangentenboussole ein electrischer Strom eine sehr kurze Zeit hindurch geht, so lenkt er die Magnetnadel ab; er lenkt sie aber natürlich nicht zu dem ganzen Ausschlage ab, welcher erzielt worden wäre, wenn der Strom längere Zeit hindurchgegangen wäre. Wenn man nun die constante Ablenkung kennt, welche die Magnetnadel dieser Boussole erhalten würde, wenn der Strom von derselben Stärke dauernd durch dieselbe hindurchginge, und die Schwin-

gungsdauer der Magnetnadel; so kann man daraus die Zeit berechnen, während welcher der Strom hindurchgegangen ist, um eben diese geringere Ablenkung, die man beobachtet hat, hervorzurufen. Nachdem man also die constante Ablenkung der Boussole durch einen Strom von bestimmter Stärke experimentell ermittelt hat, dient das blosse Ablesen der kleinen Ablenkung, welche dadurch erzielt wird, dass der Strom eine sehr kurze Zeit hindurchgeht, dazu eben die Dauer dieser sehr kurzen Zeit zu berechnen.

Dieses Verfahrens hat sich nun Helmholtz in der Weise bedient, dass er einen Muskel vom Nerven aus einmal dicht am Muskel durch einen Inductionsschlag reizte. Gleichzeitig mit dem Reize trat der Strom in den Multiplicatorkreis ein. Wenn der Muskel sich zusammenzog, hob er eine Platinspitze von einer Platte ab und öffnete dadurch diesen Kreis. Dann hörte also der Strom im Multiplicator auf. Unmittelbar darauf hob der Muskel auch noch eine Spitze aus Quecksilber und öffnete so den Kreis an einer zweiten Stelle. Das Quecksilberniveau war so eingerichtet, dass, wenn die Metallspitze einmal herausgehoben war und dann auch wieder herunterfiel, sie das Quecksilberniveau nicht mehr berührte. Es war nämlich vorher ein Quecksilbertropfen aufgezogen worden, so dass, so lange als der Contact dauerte, die Leitung stattfand: so wie aber durch Herunterfallen des Tropfens der Contact unterbrochen worden, stellte er sich nicht mehr her. Auf diese Weise war also der Strom durch den Multiplicator gegangen von der Zeit an, wo der Reiz erfolgte, bis zur Zeit, wo der Muskel sich so weit contrahirte, dass er die Platinspitze abhob. Nun wurde derselbe Versuch so angestellt, dass am oberen Ende des Nerven gereizt wurde, und man erhielt so zwei Zeitwerthe, die man von einander subtrahirte, und die Differenz, welche man erhielt, war offenbar die Zeit, welche verbraucht worden war, damit die Erregung sich von der oberen bis zur unteren Reizstelle fortpflanze. Die Mittelwerthe der Versuche, die nach diesen beiden Methoden angestellt waren, haben merkwürdig übereinstimmende Resultate ergeben. Helmholtz erhielt nämlich als Mittelwerth bei der ersten Methode 27·25 Meter in der Secunde, nach der zweiten 26·40. Man sieht aus diesen Zahlen, wie ausserordentlich langsam diese Leitung vor sich geht, im Vergleiche mit der Geschwindigkeit, mit welcher sich electrische Vorgänge fortpflanzen. Auch diese Zahlen gelten nur für die Leitung in den Nervenstämmen. S. Exner hat nachgewiesen, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit im Gehirn und Rückenmarke des Frosches noch geringer ist.

Helmholtz hat nun auch versucht am Körper des lebenden Menschen die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in den motorischen Nerven zu bestimmen. Wir wissen, dass man durch feuchte Stromgeber die Nervenstämme in der Tiefe an verschiedenen Orten ihres Verlaufes erregen kann, so dass die von ihnen innervirten Muskeln in Zusammenziehung versetzt werden. So kann man Muskeln, die die Hand und Finger bewegen, einerseits in Zusammenziehung versetzen von Erregungsstellen am Unterarme, andererseits von Erregungsstellen hoch oben am Oberarme. In dieser Weise hat Helmholtz Versuche angestellt über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in den Nerven des lebenden Menschen. Aber Anfangs stimmten seine Versuche und die anderer Beobachter sehr wenig überein. Nun hatte sich bei den Versuchen an Fröschen schon gezeigt, dass, wenn die

Frösche vorher erkältet worden sind, die Leitung in den Nerven bedeutend verlangsamt ist, und als Helmholtz im Vereine mit Baxt diese Versuche von Neuem aufnahm, richtete er seine Aufmerksamkeit darauf, ob nicht vielleicht die Temperatur eine wesentliche Ursache der abweichenden Resultate sei.

In der That fanden die beiden Beobachter, dass die Werthe sehr verschieden ausfielen, je nachdem sie den Arm, an dem sie experimentirten, künstlich erwärmten oder erkälteten, und zwar war die Geschwindigkeit immer grösser, wenn sie vorher erwärmt hatten, und geringer, wenn sie früher erkältet hatten. Sie erhielten dabei Werthe, von denen der eine gegen den andern beiläufig um das Doppelte verschieden war. Es war aber nicht allein die Temperatur, sondern auch die Länge der durchlaufenen Strecke, die in Betracht kam. Wenn sie an zwei Stellen des Unterarms reizten und dann die Geschwindigkeit berechneten, mit der sich die Erregung fortpflanzte, so bekamen sie einen geringeren Werth als wenn sie das eine Mal hoch oben am Oberarm, das andere Mal unten am Unterarm reizten. Auf solche Weise, durch Temperaturveränderungen und durch Veränderungen in der Länge der durchlaufenen Strecke konnte an einem und demselben Individuum einmal eine Geschwindigkeit von $36^1/_2$ Meter in der Secunde, das andere Mal eine Geschwindigkeit von $89^1/_2$ Meter in der Secunde erzielt werden. Für die Fortpflanzung motorischer Impulse im menschlichen Rückenmark fand S. Exner 11 bis 12 Meter in der Secunde.

Behufs der Messung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit in den Empfindungsnerven erregt man zwei Stellen, die verschieden weit vom Gehirne entfernt sind und lässt das Individuum, wenn es die Erregung fühlt ein Zeichen geben. Auf diese Weise bekommt man auch wieder zwei Zeiten, die man von einander subtrahiren kann und die Differenz entspricht im Allgemeinen der Zeit, die die Erregung brauchte, um von der entfernter liegenden Reizstelle bis zur Höhe der näher liegenden sich fortzupflanzen. Man schätzt nach diesen Versuchen die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in den Empfindungsnerven ungefähr so gross, wie in den Bewegungsnerven. Für die Fortpflanzung in sensibeln Bahnen des menschlichen Rückenmarkes fand S. Exner 8 Meter in der Secunde.

Wir haben eben gesehen, dass die Versuchsresultate verschieden ausfielen, je nachdem man eine kürzere oder längere Strecke der motorischen Nerven benützte, um die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in derselben zu messen. Es führt uns dies zu einer andern merkwürdigen Eigenthümlichkeit der Nerven, durch die sie sich auch wieder ganz von den electrischen Leitungen entfernen. Wenn man den Nerven eines Muskels lang herauspräparirt und abschneidet und nun den geringsten Reiz, den schwächsten Stromstoss sucht, der, wenn man nahe am Ende reizt, noch Muskelcontraction hervorruft, so zeigt sich, wie Pflüger fand, dieser Stromstoss unwirksam, wenn man ihn in der Nähe des Muskels durch den Nerven sendet, mit anderen Worten, die Reizbarkeit des Nerven nimmt vom Muskel gegen das abgeschnittene Ende hin zu, und zwar in sehr auffallender Weise. Heidenhain fand später, dass auch in der Nähe des Muskels die Reizbarkeit wächst, wenn man den Nerven verkürzt. Bei jedem Stück Nerv, das man abschneidet, erhöht sich die Reizbarkeit von Stufe zu Stufe und erreicht ihr Maximum, wenn die

Electroden dicht am Schnittende liegen. Man muss deshalb die stromprüfenden Froschschenkel, d. h. die Nervmuskelpräparate, welche man benützt um schwache und kurzdauernde Stromstösse zu signalisiren, immer so mit den Electroden in Verbindung bringen, dass die eine derselben ganz nahe am Nervenende liegt. Die andere kann man einige Millimeter davon gleichfalls an den Nervenstamm legen, oder mit gutem Erfolge auch an den enthäuteten Muskel, wenn der Nerv hinreichend kurz ist um keinen zu grossen Leitungswiderstand zu machen.

Eine andere wichtige Eigenthümlichkeit der Nervenfasern ist die, dass sie nach du Bois' Entdeckung selbst electromotorisch wirken und zwar in ganz ähnlicher Weise wie die Muskeln, nur dass die Ströme, welche sich von den Nerven ableiten lassen, viel schwächer sind als die Ströme, die man von den Muskeln erhält.

Denken wir uns wieder die Zuleitungsgefässe, den Multiplicator und die Bäusche, und stellen wir uns vor, dass ein Nerv so aufgelegt wäre, dass er auf der einen Seite mit dem natürlichen Längsschnitte, d. h. also mit seiner natürlichen Oberfläche, auf der andern mit dem Querschnitte berührt, so erhalten wir einen Strom im Multiplicatordrahte, der vom Längsschnitte des Nerven zum Querschnitte desselben gerichtet ist, gerade so wie wir dies bei den Muskeln gesehen haben. Legen wir den Nerven so auf, dass er auf beiden Seiten mit dem Längsschnitte berührt und zwar mit symmetrischen Punkten, d. h. Punkten, die gleichweit von den Enden des Nervenstückes entfernt sind, so erhalten wir keinen Strom, und ebensowenig erhalten wir einen Strom, wenn wir ein Nervenstück so mit den Bäuschen in Verbindung bringen, dass auf beiden Seiten der Querschnitt berührt. Es wiederholt sich hier also Alles, was wir bei den Muskeln kennen gelernt haben, wir brauchen nur statt des Wortes Muskelfaser das Wort Nervenfaser zu setzen. Die Ströme sind schwächer, aber nur wegen des grösseren Widerstandes. Die electromotorische Kraft ist nach du Bois so gross, wie bei den Muskeln, wenn nicht grösser.

Wir haben in den Muskeln eine negative Stromschwankung kennen gelernt, welche eintritt, wenn wir durch intermittirende electrische Ströme die Muskeln zur Zusammenziehung reizen. Die analogen Erscheinungen finden sich auch bei den Nerven. Auch hier haben wir eine negative Stromschwankung, die von du Bois entdeckt ist. Er fand, dass sie an der Reizstelle beginnt und sich von hier nach beiden Seiten des Nerven fortpflanzt, dass sie mit der Stärke des Reizes wächst und durch eine gequetschte oder durchschnittene Stelle nicht hindurchgeht. Um die negative Schwankung wahrzunehmen ist es nicht nöthig, den Nerven electrisch zu erregen. Du Bois hat sie auch an Nerven lebender Frösche beobachtet, die durch Strychnin in Tetanus versetzt wurden, wie auch am heraushängenden Nerven eines Froschbeines, welches mit siedender Kochsalzlösung verbrüht wurde. In neuerer Zeit ist die negative Schwankung von Bernstein mit grossem Scharfsinne studiert worden. Er zeigte, dass sie sich jederseits mit einer Geschwindigkeit von etwa 28 Meter in der Secunde fortpflanzt, einer Geschwindigkeit also, die von derjenigen, mit der sich die motorischen Impulse in den Froschnerven fortpflanzen, voraussichtlich nicht wesentlich verschieden ist. Auch zeigte er, dass sie so weit gesteigert werden kann, dass nicht nur in dem

Augenblicke der negativen Stromschwankung der ursprüngliche Nervenstrom gänzlich verschwindet, sondern dass er sich auch umkehrt, ja, dass der Strom in der entgegengesetzten Richtung den ursprünglichen Strom um das Mehrfache übertrifft. Er hat ferner gefunden, dass diese durch einen Strom verschwindender Dauer erzeugte negative Stromschwankung keine unmessbar kleine Zeit dauert, sondern dass sich die Zeit ihrer Dauer bestimmen lässt, und zwar fand er, dass die Dauer einer solchen negativen Schwankung 0,00065 Secunden beträgt. Da nun dies die Dauer einer einzigen Schwankung ist, und dieselbe sich mit der Geschwindigkeit von 28 Meter in der Secunde fortpflanzt, so ergibt sich daraus, dass die Stromschwankung sich in Gestalt einer Welle längs des Nerven fortpflanze, die eine Länge von 18 Millimetern hat, d. h. wenn der Nerv an irgend einer Stelle erregt wird, so beträgt die Strecke, innerhalb welcher die electromotorischen Eigenschaften desselben so verändert sind, dass der Nervenstrom nicht in seiner ursprünglichen Stärke existirt, dass er entweder geringer oder sogar entgegengesetzt gerichtet ist, 18 Millimeter.

Man kann sich dies unter dem Bilde vorstellen, als ob bei jedem Stromstosse ein Strom in entgegengesetzter Richtung in die betreffende Nervenstrecke hineinbräche und erst den Nervenstrom compensirte, endlich einen Strom in entgegengesetzter Richtung hervorbrächte und dann allmälig wieder aufhörte. Richtiger stellt man sich die Sache vor, wenn man sich denkt, dass im Nerven selbst eine molekulare Veränderung vor sich geht, vermöge welcher zuerst der ursprüngliche Nervenstrom abnimmt, dann Null wird, und endlich, indem die molekulare Veränderung noch weiter fortschreitet, durch die veränderte Anordnung nunmehr ein Strom in entgegengesetzter Richtung hervorgebracht wird, bis dann die Moleküle in ihre ursprüngliche Lage zurückfallen und so wiederum der ursprüngliche Nervenstrom in seine alten Rechte eintritt. Wenn ein aufgelegter Nerv durch die gewöhnlichen tetanisirenden Vorrichtungen erregt wird, so zeigt die Multiplicatornadel beim Tetanisiren des Nerven, trotz der momentanen Umkehrung des Stromes, wie dies schon du Bois wusste, niemals einen umgekehrten Strom an, sondern immer nur eine Stromabnahme. Das rührt daher, dass jede dieser negativen Stromschwankungen nur eine sehr kurze Zeit dauert und dazwischen sich immer die reizfreien Zeiten einschieben, in welchen der ursprüngliche Nervenstrom wieder hervortritt. Die Nadel folgt bei der Trägheit ihrer Bewegungen nicht dem einzelnen Stromstosse, sondern den summirten Wirkungen der negativen Stromschwankungen und der zwischen denselben wieder hervortretenden ursprünglichen Nervenströme.

Eine andere auffallende Veränderung in dem Strömungsvorgange bringt es hervor, wenn man einen constanten Strom durch den Nerven hindurchleitet. Denkt man sich einen Nerven auf der einen Seite mit dem Längsschnitte, auf der anderen mit dem Querschnitte aufgelegt, so nennt man die Strecke, welche mit den feuchten Multiplicatorenden in Berührung ist, die abgeleitete Strecke, und die Strecke, durch welche man den constanten Strom hindurchsendet, die erregte Strecke. Nun gibt es zweierlei Möglichkeiten. Es kann der Strom in der erregten Strecke gleichgerichtet sein mit dem Strome, der im Nerven in der abgeleiteten Strecke fliesst. In diesem Falle nimmt die Ablenkung der

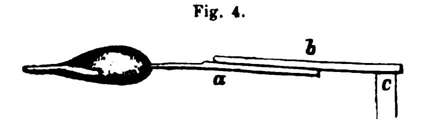
Magnetnadel zu, der Nervenstrom ist also in seiner Intensität erhöht. Wenn man dagegen den constanten Strom umkehrt, so geht die Nadel zurück, man erhält eine geringere Ablenkung, es ist also jetzt der Nervenstrom vermindert, es ist als ob sich ein entgegengesetzter Strom etablirt hätte, der den Nervenstrom compensirt. Dieser Zustand, in den ein Nerv dadurch versetzt wird, dass eine Strecke desselben von einem constanten Strome durchflossen wird, ist der von du Bois entdeckte Electrotonus.

Du Bois hat auch nachgewiesen, dass man es hier keineswegs mit hereinbrechenden Stromschleifen zu thun habe, welche den Nervenstrom compensiren oder verstärken könnten. Der Beweis hiefür ist leicht zu führen. Man durchschneidet den Nerven zwischen erregter und abgeleiteter Strecke und legt die Enden wieder so aneinander, dass sie sich mit ihren feuchten Flächen berühren. Dies kann für den electrischen Strom kein Hinderniss abgeben: der electrische Strom geht durch eine feuchte Schichte ebenso hindurch, wie durch einen Nerven. Es müsste also dieses Nervenstück auch dann in Electrotonus zu versetzen sein, falls man es in der That nur mit Stromschleifen zu thun hätte. Dies ist aber nicht der Fall. Ja, wenn man den Nerven mit einem nassen Faden zwischen der abgeleiteten und durchflossenen Strecke umschnürt, hört jede Wirkung auf, obwohl dies doch durchaus kein Hinderniss für eine hereinbrechende Stromschleife abgibt. Der Electrotonus setzt sich in derselben Weise nach beiden Seiten fort, wie die negative Stromschwankung, welche einem momentanen Stromstosse folgt. Wenn man an dem andern Ende des Nerven einen zweiten Multiplicator anbringt, so dass der Nerv auch am andern Ende mit Längsschnitt und Querschnitt berührt, so treten auch am zweiten Multiplicator dieselben Erscheinungen, wie an dem ersten auf. Jedesmal wird, wenn der Strom in der abgeleiteten Strecke gleichgerichtet ist mit dem in der erregten, die Ablenkung der Magnetnadel zunehmen, wenn das Umgekehrte der Fall ist, wird die Ablenkung der Magnetnadel abnehmen. Also auch hier wird ganz gleichmässig nach beiden Seiten hin, nach aufwärts und abwärts nach der natürlichen Lage des Nerven, die Veränderung fortgepflanzt, die durch den electrischen Strom hervorgebracht wird. Die Stärke des Electrotonus hängt wesentlich von zwei Momenten ab. Erstens von der Stärke des durchfliessenden Stromes und zweitens von der Länge der durchflossenen Strecke, so dass er mit dieser zunimmt. Die Erscheinungen des Electrotonus zeigen sich ferner am stärksten in der Nähe der durchflossenen Strecke und nehmen von da an mit zunehmender Entfernung ab.

Mit diesen Veränderungen, die durch den electrischen Strom hervorgebracht werden, steht ein sehr merkwürdiger Versuch im Zusammenhang. Nimmt man einen vorsichtig herauspräparirten Nerven, z. B. den Ischiadicus eines Frosches, und legt neben ihn und an ihn einen zweiten Nerven, welcher noch mit einem Muskel oder mit einem ganzen Schenkel in Verbindung steht, und reizt das erste Nervenstück durch Schliessen und Oeffnen eines electrischen Stromes, so tritt Zuckung ein, vorausgesetzt, dass die Präparate hinreichend frisch und einem empfindlichen Frosche entnommen sind. Obgleich nun diese beiden Nerven gar nicht mit einander in organischer Verbindung stehen, zuckt doch der Muskel, wenn ich den ersten Nerven reize. Der Nerv, an dem noch der Muskel

hängt (Figur 4, *a*) schliesst, indem er an den andern (Figur 4, *b*), angelegt ist, einen Stromkreis, durch den der Nervenstrom eben dieses anderen circulirt. Dieser Strom durchfliesst also den Nerven, der noch mit dem Muskel in Verbindung ist, er ist durch denselben abgeleitet. Die Schwankung, die man durch den etwa in *c* angebrachten electrischen Strom in dem einen Nerven hervorruft, erstreckt sich auf dessen ganze Länge, somit auch auf die abgeleitete Strecke desselben, und durch die Schwankung, welche so in dem den anderen Nerven durchfliessenden Nervenstrome entsteht, wird ein Reiz erzeugt, vermöge welches sich der Muskel zusammen zieht. Man kann diesen Versuch auch noch in anderer Weise anstellen. Man nimmt zwei Nerven in ihrer natürlichen Zusammenlagerung. Ein Nervenstamm spalte sich in zwei Aeste; man präparirt den einen Ast eine Strecke lang heraus und lässt den andern in Verbindung mit seinem Muskel. Nun schickt man durch das herauspräparirte Ende einen electrischen Strom. Da zuckt der Muskel, wenn der Strom hinreichend stark ist, obgleich man doch anscheinend keinen Nerven gereizt hat, der mit diesem Muskel in directer Verbindung steht. Das kommt wiederum daher, dass der Strom des einen Nerven durch den anderen Nerven abgeleitet, für ihn ein Stromkreis geschlossen wird. Der in diesem Kreise circulirende Nervenstrom wird durch den hindurchgesendeten Strom in Schwankung versetzt, und diese Schwankung ruft die Zuckung im Muskel hervor. In dieser Gestalt pflegt man den Versuch mit dem Namen der paradoxen Zuckung zu bezeichnen.

Fig. 4.



Diese paradoxen Zuckungen können zu einer Quelle der Täuschung für den experimentirenden Physiologen werden. Wir müssen, wenn wir einen Nerven electrisch reizen, dem unmittelbar anliegend andere Nerven verlaufen, stets besorgt sein, dass auch diese gegen unsere Absicht gereizt werden. Man muss deshalb, wenn man sich electrischer Reize bedient, die schwächsten nehmen, mit denen man überhaupt auskommen kann, weil man dann am wenigsten zu fürchten hat, solche Stromschwankungen hervorzurufen, durch welche in benachbarten Nervenbündeln Erregungen hervorgerufen und somit paradoxe Zuckungen erzeugt werden können.

Um diesen Befürchtungen und überdies denen vor hereinbrechenden Stromschleifen ganz zu entgehen, hat man in neuerer Zeit in der speciellen Nervenphysiologie wieder mehr die mechanische Reizung in Gebrauch gezogen. Die mechanischen Reize haben aber, wenn man sie auf die gewöhnliche Weise durch Zwicken mit einer Pincette anwendet, den Nachtheil, dass dadurch die Nervenfaser theilweise verbraucht wird, und nur noch die Theile derselben gereizt werden können, die weiter nach aufwärts liegen bei sensiblen, oder weiter nach abwärts liegen bei motorischen Nerven. Um nun an einer und derselben Stelle mehrmals mechanisch reizen zu können, und auch um an einer und derselben Stelle sehr rasch hintereinander mechanische Reize anbringen zu können, hat Heidenhain ein Instrument construirt, das er mit dem Namen des Tetanomotors belegt.

Er befestigt an dem Hammer eines Neef'schen Magnetelectromotors einen Stab mit einem kleinen über den Magneten hinaus liegenden Häm-

merchen. Darunter stellt er eine Rinne, welche auf einem Stabe steht, der wiederum in einer Hülse mittelst einer Schraube auf und ab bewegt werden kann. In diese Rinne wird der zu reizende Nerv hineingelegt und nun wird er so weit in die Höhe gebracht, dass er gerade eben von dem Hammer leicht getroffen, dadurch eine Reizung hervorgerufen, der Nerv aber nicht zerquetscht wird. Da dieses Hämmerchen mit dem Hammer des Neef'schen Magnetelectromotors verbunden ist, hat es oft Schwierigkeiten zu dem zu reizenden Nerven hinzukommen. Heidenhain hat deshalb einen andern Tetanomotor construirt, bei dem ein eben solches Hämmerchen, durch eine Kurbel und Zahnräder in Bewegung gesetzt wird, ähnlich wie die Zahnärzte den Bohrer bewegen, mit welchem sie innerhalb des Mundes Zähne ausbohren. Auf diese Weise kann er den mechanischen Tetanomotor mit Leichtigkeit an die Stellen hinbringen, welche er reizen will.

Functionelle Verschiedenheiten der Nerven.

Es tritt die Frage an uns heran, was für verschiedene Arten von Nerven es gibt und wie sich dieselben von einander unterscheiden. Es muss schon bei oberflächlicher Betrachtung auffallen, dass es zwei sehr wesentlich verschiedene Thätigkeiten gibt, die eine, bei der Eindrücke von aussen aufgenommen werden, die uns Empfindungen verursachen, und die andere, bei der Erregungen vom Centralorgane zu den Muskeln hingehen, durch die letztere zur Contraction bestimmt, durch die Bewegungen ausgelöst werden. Erst durch die fast gleichzeitigen Bemühungen von Charles Bell und Magendie hat man die eine Art der Nerven, die Bewegungsnerven, von der andern Art, den Empfindungsnerven, unterscheiden gelernt. Bell fand nämlich zuerst auf dem Wege der Beobachtung und Induction, dass diejenigen Hirnnerven, welche vorderen Rückenmarkswurzeln entsprechen, indem sie wie diese ohne ein Wurzelganglion entspringen und aus Theilen hervorgehen, welche als Fortsetzungen der vorderen grauen Substanz des Rückenmarks erscheinen, motorische Nerven sind; dass dagegen diejenigen Hirnnerven, die mit einem Wurzelganglion entspringen und sich analog den hinteren Wurzeln der Rückenmarksnerven verhalten, sensible Nerven sind, und er schloss deshalb auch, dass die vorderen Rückenmarkswurzeln motorische und die hinteren Rückenmarkswurzeln sensible Wurzeln der Nerven seien. In der Hauptsache zu demselben Resultate gelangte Magendie auf dem Wege des directen Versuches. Aber auch Johannes Müller hat noch wesentlich mit zur Begründung und Befestigung des Bell'schen Gesetzes beigetragen, indem er die Versuche, die Magendie an Säugethieren angestellt hatte, zuerst an Fröschen anstellte, wo sie ein viel klareres und unzweifelhafteres Resultat ergaben als bei den Säugethieren. J. Müller durchschneidet auf einer Seite die sämmtlichen hinteren Wurzeln derjenigen Rückenmarksnerven, welche zu den unteren Extremitäten des Frosches gehen. Dann ist die betroffene Extremität vollkommen empfindungslos. Sobald aber das Thier sich ein wenig erholt hat, bewegt es diese Extremität wieder ebenso wie die andern. Er durchschneidet nun auf der andern Seite von den sämmtlichen Nerven, die zur hinteren Extremität gehen, die vorderen Wurzeln und lässt die hinteren unversehrt. Dann ist dieses Bein vollständig gelähmt aber es

hat noch seine Empfindung. Wenn man einen solchen Frosch an dem Beine kneipt, welchem die vorderen Wurzeln durchschnitten sind, so kann er dieses Bein nicht wegziehen, weil es gelähmt ist; aber er sucht mit den drei andern Extremitäten zu entfliehen. Wenn man dagegen an dem andern Beine kneipt, dem die hinteren Wurzeln durchschnitten sind, so empfindet er hievon durchaus nichts, ja man kann ihm mit der Scheere stückweise von den Zehen angefangen diese Extremität abschneiden; wenn man nicht das ganze Thier dabei erschüttert, so empfindet es nichts davon und bleibt ganz ruhig sitzen.

Hiemit stimmen auch die Reizversuche vollkommen überein, indem J. Müller fand, dass, wenn er die centralen Stümpfe der durchschnittenen hinteren Wurzeln reizte, er dann lebhafte Schmerzensäusserungen von Seite der Thiere bekam, dass er dagegen, wenn er die centralen Enden der durchschnittenen vorderen Wurzeln reizte, keine Schmerzempfindung erhielt. Reizte er den peripherischen Stumpf der durchschnittenen vorderen Wurzeln, bekam er Zuckungen in den betreffenden Muskeln, reizte er aber die peripherischen Stümpfe der durchschnittenen hinteren Wurzeln, bekam er keinerlei Zuckung.

Nicht so einfach und auf den ersten Anblick verständlich waren die Resultate, welche Magendie an Säugethieren erhalten hatte. Es muss zunächst bemerkt werden, dass so einfach diese ganze Operation und diese Versuche an Fröschen sind, sie keineswegs so einfach und leicht an Säugethieren auszuführen sind. Es ist hier eine viel schwierigere Operation, das Rückenmark blosszulegen. Man hat mit der Blutung und der Erschöpfung des Thieres zu thun. Endlich verlaufen die Nervenwurzeln der Säugethiere nur eine verhältnissmässig kurze Strecke im Wirbelkanal, weil sie weniger schräg gegen die Richtung des Rückenmarks abtreten. Bei den Fröschen aber verlaufen sie in einer längeren Strecke zu beiden Seiten des Rückenmarks nach abwärts, so dass man sie hier an jedem Orte dieser Strecke durchschneiden und an den durchschnittenen Wurzeln experimentiren kann. Magendie fand nun, dass, wenn er bei Säugethieren die hinteren Wurzeln reizte, er dann allerdings Schmerzensäusserungen bekam; er fand aber auch, dass er Schmerzensempfindungen bekam, wenn er die vordere Wurzel reizte, und es fragt sich deshalb, woher diese Empfindlichkeit der vorderen Wurzel kommt. Hierüber haben in neuerer Zeit namentlich Longet und Bernard gearbeitet. Dieser fand, dass erstens die unversehrten vorderen Wurzeln sich empfindlich erweisen, so lange die hinteren Wurzeln noch erhalten sind. Wenn man eben eine solche vordere Wurzel durchschneidet und dann den centralen Stumpf derselben reizt, so bekommt man dadurch keine Empfindung; diese tritt aber auf, wenn man das peripherische Stück der durchschnittenen vorderen Wurzel reizt. Hat man vorher die dazu gehörige hintere Wurzel durchschnitten, so bekommt man weder von der intacten vorderen Wurzel, noch von dem peripherischen Stumpfe, noch vom centralen Stumpfe der durchschnittenen vorderen Wurzel eine Empfindung. Alle diese Erscheinungen, so complicirt sie auf den ersten Anblick scheinen, erklären sich durch eine sehr einfache Annahme. Man nimmt nämlich an, dass Fasern, die aus den sensiblen Wurzeln stammen, nachdem sie in diesen fortgelaufen sind bis zur Vereinigung mit den motorischen Wurzeln, im Nervenstamme

umbiegen und in der motorischen Wurzel wieder zurücklaufen. Unter dieser Annahme habe ich erstens Empfindlichkeit der vorderen Wurzel, so lange die hintere existirt. Dieselbe hört aber begreiflicherweise auf, wenn ich die hintere Wurzel durchschneide, weil dann die betreffenden Fasern nicht mehr mit dem Centralorgane in Verbindung stehen. Wenn ich die hintere Wurzel erhalte, dagegen die vordere durchschneide, so kann ich keine Empfindung mehr bekommen vom centralen Stumpfe der vorderen Wurzel, weil ich hier nur sensible Nervenfasern reize, die bereits zwischen der Reizungsstelle und dem Centralorgane durchschnitten sind. Wenn ich aber den peripherischen Stumpf der durchschnittenen vorderen Wurzel reize, so reize ich sensible Nervenfasern, die noch durch die hintere Wurzel mit dem Centralorgane in Verbindung stehen. Diese Empfindlichkeit des peripherischen Stumpfes muss aber aufhören, wenn ich die hintere Wurzel durchschneide, was auch in der That der Fall ist. Diese Art der Sensibilität bezeichnet man mit dem Namen der recurrirenden Sensibilität. Es ist klar, dass die recurrirende Sensibilität durchaus nichts gegen die Allgemeingiltigkeit des Bell'schen Gesetzes beweist.

Es stellt sich weiter die Frage: wie soll man denn das Bell'sche Gesetz verstehen? Soll man sich denken, dass es zwei verschiedene Arten von Nerven gibt, die in ihrer Substanz, in ihrem Wesen so verschieden sind, dass die einen nur im Stande sind Impulse vom Centrum nach der Peripherie zu leiten, das würden die Fasern der vorderen Wurzeln sein, und eine andere Art, die nur im Stande ist Impulse von der Peripherie nach dem Centrum zu leiten, das würden die Fasern der hinteren Wurzeln der Rückenmarksnerven sein. Oder, soll man sich denken, dass an und für sich jede Nervenfaser Impulse sowohl nach abwärts als nach aufwärts leiten könne, dass aber für die eine Art von Nervenfasern die Impulse immer vom Centrum herkommen, und für die andere Art von Nervenfasern die Impulse immer von der Peripherie herkommen? Man sieht leicht ein, dass dann die einen Fasern nur motorische Wirkungen ausüben können, obwohl sie doppelsinnig leiten, wenn sie nämlich an ihrem peripherischen Ende in Verbindung stehen mit Muskeln und an ihrem centralen Ende mit Ganglienkugeln, von welchen aus die Willensimpulse gehen, die die Muskeln in Zusammenziehung versetzen: während die anderen Nerven, die aus den hintern Wurzeln entspringen, an und für sich möglicherweise auch doppelsinnig leiten können, aber begreiflicherweise deshalb keine Bewegung hervorbringen, weil sie an ihren peripherischen Enden nicht mit Muskeln, sondern mit empfindenden Theilen in Verbindung stehen, während umgekehrt ihre centralen Enden mit Nervenzellen in Verbindung stehen, welche uns eben diese Eindrücke als solche zum Bewusstsein bringen. In der That neigt man sich in neuerer Zeit dieser letzteren Vorstellung zu, nämlich der, dass an und für sich die Nerven insofern gleichwerthig seien, als beide Arten sowohl von der Peripherie nach dem Centrum als von dem Centrum nach der Peripherie leiten können, dass ihre functionelle Verschiedenheit nicht sowohl von ihrer eigenen Natur abhängt, als vielmehr von den Gebilden mit denen sie einerseits im Centralorgan und andererseits an der Peripherie in Verbindung stehen. Es sind dafür verschiedene nicht unwichtige Gründe aufgebracht worden.

Erstens hat du Bois nachgewiesen, dass der Electrotonus und die negative Stromschwankung sich in jeder Art von Nerven ganz gleich nach aufwärts und nach abwärts fortpflanzen. Wenn man irgendwo durch einen Nerven einen Stromstoss durchleitet, so bekommt man jedesmal eine negative Schwankung, die sich mit gleichmässiger Geschwindigkeit nach beiden Seiten des Nerven hin fortsetzt. Aus den Versuchen von Bernstein geht, wie wir gesehen haben, hervor, dass die negative Schwankung mit gleicher Geschwindigkeit fortgepflanzt wird, wie die Nervenerregung. Man kann also kaum zweifeln, dass die Welle der negativen Stromschwankung identisch sei mit der Reizwelle, die über die Nervenfaser abläuft, und es wird eben dadurch sehr wahrscheinlich, dass nach beiden Seiten hin die Reizwelle gleichmässig ablaufen kann.

Ferner hat Kühne einen Versuch, der für die doppelsinnige Leitung der Nerven in Anspruch genommen wird, angestellt. Kühne hängt den M. Sartorius vom Frosche frei auf. Im Sartorius des Frosches reichen die Nerven beiderseits nicht ganz bis zum Ende, namentlich an der einen Seite befindet sich ein bedeutendes Stück nervenfreier Muskelsubstanz. Nun spaltet er den Sartorius durch dieses nervenfreie Stück bis hinauf in die nervenhaltige Substanz. Dann schneidet er mit einer Scheere den einen der so gebildeten Lappen stückweise ab. So lange er in der nervenfreien Substanz sich befindet, zuckt immer nur die Seite des Muskels, an welcher er schneidet. Wenn er aber über eine gewisse Grenze hinauskommt, und zwar in die nervenhaltige Substanz, so zuckt plötzlich bei einem Schnitte die zweite Seite des Muskels mit, ja, der ganze andere Lappen verkürzt sich mit. Kühne erklärt diesen Versuch folgendermassen: Die Nervenfasern im Sartorius verzweigen sich vielfach dichotomisch. Nun kann es nicht fehlen, dass von einer solchen dichotomischen Theilung das eine oder das andere Mal ein Ast in den einen Lappen, der andere in den zweiten hineingeht. Wenn man so weit schneidet, dass der eine Ast einer solchen Nervenfaser angeschnitten wird, so reizt man ihn und dadurch wird der andere Ast, welcher in den andern Lappen geht, mitgereizt, und dieser andere Lappen mit in Zusammenziehung versetzt. Man sieht leicht ein, dass bei dieser Erklärung vorausgesetzt werden muss, dass in dem ersten Aste eine Leitung in umgekehrter Richtung, eine Leitung nach aufwärts in einer motorischen Nervenfaser stattfinde.

Wir haben bis jetzt nur von sensiblen und motorischen Nerven gesprochen. Es ist aber klar, dass vom Centrum nach der Peripherie auch andere Impulse fortgeleitet werden können als solche, die eine Bewegung erzeugen. Es können zunächst Impulse fortgeleitet werden in Nerven, welche sich in Drüsen verzweigen, so dass das Anlangen dieser Impulse die letzteren zur secretorischen Thätigkeit anregt. Solche Nerven nennen wir Absonderungsnerven. Dann können bei den electrischen Fischen Impulse fortgepflanzt werden in Nerven, welche zum electrischen Organe gehen, Impulse die, wenn sie eintreffen, die molekulare Anordnung dieses Organs so verändern, dass sie dasselbe plötzlich in eine kräftig wirkende Batterie verwandeln. Solche Nerven nennen wir electrische Nerven; nicht weil sie selbst electrisch sind, sondern weil sie Impulse fortleiten zu den electrischen Organen, oder vielmehr, weil sie diese Organe in Wirksamkeit versetzen. Wir unter-

scheiden endlich noch Hemmungsnerven. Diese sind solche, in deren Bahnen Impulse fortgeleitet werden, vermöge welcher eine Bewegung, die sonst eingetreten wäre, gehindert wird. Man hat diese Art von Nerven zuerst durch Eduard Weber kennen gelernt, der in den Bahnen des Vagus Fasern verlaufen fand, die zum Herzen gehen, und wenn sie erregt werden, nicht das Herz stärker schlagen, sondern in der Diastole still stehen machen und also die Contraction des Herzens verhindern.

Ausser diesen fünf Arten von Nerven hat man noch trophische Nerven unterschieden, d. h. Nerven, welche Impulse vom Centrum zur Peripherie bringen, vermöge welcher die Ernährung in den betreffenden Gebilden in regelmässigem Gange erhalten werden soll. Man hat nach der Durchschneidung von Nerven Entzündungen, Geschwürsbildungen, Gangrän eintreten gesehen und diese Entzündungen mit dem Namen der neuroparalytischen Entzündungen belegt. Man hat ferner gewisse Hautausschläge genau dem Verbreitungsbezirke gewisser Nerven folgen gesehen und in einzelnen Fällen sogar die Erkrankung der Haut mit Verletzungen an bestimmten Nervenfasern in Zusammenhang bringen können. Alle diese Thatsachen haben dazu Veranlassung gegeben eine eigene Art von Nerven, die sogenannten trophischen Nerven anzunehmen.

Von den Thatsachen, die hier erwähnt worden sind, subtrahirt sich freilich zunächst eine Reihe. Von manchen Erscheinungen, welche man als sogenannte neuroparalytische Entzündungen betrachtet hat, hat es sich später herausgestellt, dass sie nicht herrühren von der Durchschneidung der Nerven als solcher, von der Durchschneidung trophischer Nerven, die zu den Theilen hingingen, sondern vielmehr davon, dass die Theile unempfindlich waren, dass von den betreffenden Stellen keine Reflexe mehr ausgelöst wurden, dass deshalb die Theile Insulten und Schädlichkeiten ausgesetzt waren, die sie früher nicht zu erleiden hatten, und dass diese Insulte, nicht etwa die Durchschneidung des Nervenstammes als solche, die directe Ursache der Entzündung waren. Aber selbst wenn man diese Thatsachen abzieht, so bleiben noch Erscheinungen übrig, welche allerdings Veranlassung zu der Annahme von trophischen Nerven geben können. Ich glaube jedoch, dass man sich bei der Annahme in diesem unbestimmten Sinne nicht beruhigen darf, dass man suchen muss näher zu erörtern, welche Wirkungen man etwa von diesen trophischen Nerven erwarten könne. Man muss bedenken, dass die Bewegungsnerven nicht blos zu den willkürlichen Muskeln gehen, sondern auch zu den unwillkürlichen, also auch zu den Muskeln der Blutgefässe, und dass deshalb Blutgefässe und Circulation nach der Durchschneidung der Nerven sich anders verhalten als früher. Wahrscheinlich von noch grösserer Bedeutung für unseren Gegenstand ist ein anderer Punkt. Wir haben gesehen, dass beim Chamäleon die Pigmentzellen in der Haut unter dem Einflusse von motorischen Nerven stehen, wir haben dasselbe bei den Fröschen beobachtet, Kühne gibt ferner an, dass Zellen in der Hornhaut, die man mit dem Namen der Hornhautkörperchen bezeichnet, in ganz analoger Weise von den Hornhautnerven in der Art erregt werden können, dass sie ihre Fortsätze einziehen. Man muss sich sagen, dass es wahrscheinlich nur an der besseren Gelegenheit zur Beobachtung liegt, dass diese Abhängigkeit von in den Geweben verbreiteten Zellen vom Nervensysteme nur bei Pigmentzellen und bei den Zellen der durch-

sichtigen Hornhaut beobachtet worden ist. Man darf voraussetzen, dass es im Körper noch eine grosse Menge von anderen Zellen gibt, die ganz ähnlich unter dem Imperium des Nervensystems stehen, wie dies bei den Pigmentzellen der Frösche und Chamäleonen und vieler anderer Thiere der Fall ist. Wenn man aber denkt, dass diesen Zellen ihre Nervenfasern durchschnitten werden, so kann man erwarten, dass dadurch auch Veränderungen, Abweichungen von der Norm entstehen, welche wir mit dem Namen der trophischen Störungen bezeichnen, und welche man bisher ohne nähere Bezeichnung auf die Durchschneidung der sogenannten trophischen Nerven zurückgeführt hat. Wir sehen ferner, dass die Absonderungsnerven der Drüsen, wenn sie erregt werden, die chemischen Vorgänge im Organe und den Zufluss von Flüssigkeit wesentlich verändern. Es ist also keineswegs unmöglich, dass auch zu anderen Organen Nerven gehen, welche einen wesentlichen Einfluss auf die chemischen Vorgänge und hiermit auch auf die Ernährung ausüben. Einen indirecten Einfluss auf die Ernährung der Muskeln üben schon ihre Bewegungsnerven dadurch aus, dass sie sie zur Contraction anregen, denn wir sehen sie mit der Zeit atrophiren, wenn der motorische Einfluss gehemmt ist. Aber auch Muskeln, die nie gelähmt waren, können in ihrer Entwickelung zurückbleiben, weil ihre Nerven irgend wie geschädigt wurden. Man sieht dies theils an der Abgrenzung der Muskelgruppe, die in ihrer Entwickelung zurückgeblieben ist, theils liegt auch die Schädlichkeit, die den Nervenstamm betroffen hat, offen zu Tage, indem Krämpfe vorhanden waren und Schmerzen an der peripherischen Ausbreitung der sensiblen Nerven, die in demselben Stamme verliefen. Wie die von den motorischen Nerven ausgelöste Muskelcontraction selbst in gewisser Beziehung ein chemischer Vorgang ist, so können mit den motorischen Nerven auch noch andere Nerven zu den Muskeln gehen, deren Erregung in ihnen wieder andere chemische Vorgänge bedingt. Um die Reihe der Arten von centrifugalleitenden Nerven vollständig zu machen, müssen wir, wenn wir nicht allein die Wirbelthiere im Auge behalten, sondern auch die wirbellosen berücksichtigen, noch die Leuchtnerven nennen, das heisst solche, die zu bestimmten Organen gehend, diese, wenn sie erregt werden, zur Lichtentwickelung anregen. Das, was ich bei Gelegenheit der Lichtentwickelung durch lebende Thiere nach den Beobachtungen von Panceri über Phyllorrhoe bucephala berichtet habe und Aehnliches, was an anderen Seethieren beobachtet wurde, lässt sich kaum in einem anderen Sinne deuten. Man ist darauf angewiesen, anzunehmen, dass hier durch Nerveneinfluss ein Process, der mit Lichtentwickelung verbunden ist, direct angeregt wird.

Auch die Nerven, welche Impulse von der Peripherie zum Centrum bringen, können wir uns nicht blos als sensible Nerven denken. Wir müssen zunächst unter den sensiblen Nerven verschiedene Abtheilungen unterscheiden, je nach der Natur der Empfindungen, der Vorstellungen, welche durch sie hervorgerufen werden. Wir unterscheiden Nerven, welche die Gesichtsempfindungen vermitteln, Nerven, welche die Gehörempfindungen vermitteln, Nerven, welche die Geruchsempfindungen vermitteln, Nerven, welche die Geschmacksempfindungen vermitteln, Nerven, welche die Tastempfindungen vermitteln und Nerven, von denen wir sagen, dass sie dem Gemeingefühle dienen. Wir sind nämlich mit dem Theilen noch nicht vollständig zu Ende gekommen bei den verschiedenen empfindenden Ner-

venfasern. Wir wissen noch nicht im Einzelnen, in wie weit die verschiedenen Empfindungen, die uns zugeführt werden, in verschiedenen Arten der Nervenfasern oder in verschiedenen Erregungszuständen einer und derselben Art von Nervenfasern begründet sind. So wissen wir nicht mit Bestimmtheit, ob die Empfindung von warm und kalt, die Temperaturempfindung uns durch dieselben Nerven zugeführt wird, durch welche uns die Tastempfindung vermittelt wird, ob die Temperaturempfindungen nur andere Erregungszustände in den Tastnerven sind, oder ob uns nicht vielleicht die Temperaturempfindungen durch Nervenfasern anderer Art, die gleichfalls in der Haut endigen, erwachsen.

Abgesehen von den Nervenfasern, welche Empfindungen erregen, gibt es solche, welche von der Peripherie zum Centrum fortleiten, dort ihre Erregungen auf andere Nervenelemente übertragen und einen neuen Act, wir wollen sagen zunächst eine Bewegung veranlassen. Eine solche Bewegung, die entsteht, wenn eine Erregung von der Peripherie zum Centrum fortgeleitet wird und hier auf eine Ganglienkugel oder auf Ganglienkugeln übertragen wird, welche mit motorischen Nerven in Verbindung stehen, nennen wir eine Reflexbewegung. Unter Peripherie verstehen wir hier immer die äusseren oder inneren Oberflächen, beziehungsweise die Organe, in denen die Nerven endigen, unter Centrum das Rückenmark, die Medulla oblongata und den Hirnstamm, unter Umständen aber auch ein einzelnes Ganglion, in dem die Uebertragung der Erregung auf motorische Bahnen stattfindet. Die Leitung von den oberflächlichen Theilen des Gehirns, der Hirnrinde, zu den in der Tiefe liegenden und umgekehrt muss gesondert betrachtet werden, wenn man nicht die ganze Lehre von den Reflexbewegungen verwirren will. Wir betrachten die Reflexbewegungen im Gegensatze zu den willkürlichen. Auch diese sind ursprünglich durch centripetale Impulse bedingt; aber hier geht die Leitung durch Theile des Gehirns, die dem Bewusstsein, den Vorstellungen, dem Willen dienen. Der Begründer der Theorie der Reflexbewegungen ist Descartes, der ausdrücklich sagt, es würden Impulse von der Peripherie nach dem Centrum fortgeführt und in letzterem würden sie auf motorische Nerven reflectirt. Als der zweite muss Prohaska genannt werden. Später hat Marshal Hall diese Lehre in etwas anderer Weise aufgestellt und bedeutend erweitert. Die Uebertragung der Reflexe entsteht in der Regel im Rückenmarke oder im verlängerten Marke oder in solchen Theilen des Gehirns, welche wir als directe Fortsetzungen des Rückenmarkes und der Medulla oblongata ansehen können. Wir können aber nicht sagen, dass dies die einzigen Orte seien, an welchen Reflexe übertragen werden können. Wir werden Thatsachen kennen lernen, die dafür sprechen, dass auch in den Ganglien Reflexe übertragen werden können. Zur Uebertragung eines solchen scheint ja an und für sich nichts zu gehören als eine Nervenfaser, welche im Stande ist einen Impuls in centripetaler Richtung fortzuleiten, eine Ganglienkugel, mit der diese Nervenfaser in Verbindung steht, und eine zweite Faser, welche den motorischen Impuls fortpflanzt und die, entweder direct, oder indirect durch eine Ganglienkugel, mit dieser Ganglienkugel im Centralorgane verbunden ist. Eine solche Anordnung kann gerade so gut in einem Ganglion, wie im Rückenmarke und in der Medulla oblongata vorkommen.

Nerven, durch welche Reflexe ausgelöst werden, heissen Reflexnerven oder excitomotorische Nerven und ihre Thätigkeit ist für die Instandhaltung und für die ganzen Thätigkeitäusserungen des Organismus von der grössten Wichtigkeit. Es fällt zunächst auf, dass eine Reihe von Acten, welche den Organismus schützen, Schädlichkeiten von demselben abhalten, und aus demselben entfernen, auf reflectorischem Wege ausgelöst werden. Wenn man z. B. die Conjunctiva des Auges berührt, so schliessen sich auf reflectorischem Wege die Augenlider. Wenn Staub oder andere kleine fremde Körper in die Nase gelangen, so entsteht auf reflectorischem Wege Niesen, um diese Körper hinauszuschaffen. Wenn ein fremder Körper in die Trachea einzudringen sucht, so tritt zuerst Verschluss der Stimmritze ein, wodurch das Hineintreten des Körpers verhindert wird, und dann tritt in Gestalt des Hustens eine Reihe heftiger Exspirationsbewegungen ein, welche dazu dienen, den fremden Körper aus den Luftwegen hinauszuwerfen. Wenn wir noch weiter in die Thätigkeiten des Körpers eingehen, so stossen wir überall auf Reflexbewegungen. Wir sehen, dass das Schlingen, das Athmen, kurz viele der wichtigsten Thätigkeiten des Körpers mit Reflexbewegungen zusammenhängen oder auf dem Wege des Reflexes zu Stande kommen.

Es können aber in diesen excitomotorischen Nerven nicht nur Impulse fortgeleitet werden, welche Reflexbewegungen auslösen, sondern auch solche, welche Reflexabsonderungen hervorrufen. Ebensogut, wie die Erregung im Centralorgan auf einen motorischen Nerven übertragen wird, kann sie auch auf einen Absonderungsnerven und auf einen electrischen Nerven übertragen werden. Wir unterscheiden deshalb Reflexabsonderungen und wir werden bei den electrischen Fischen sehen, dass die Thätigkeit ihrer electrischen Organe durch Anregung der Nerven auf reflectorischem Wege hervorgerufen werden kann. Ja, es kann die Erregung im Centrum auch übertragen werden auf einen Hemmungsapparat und dann haben wir diejenige Erscheinung, die wir mit dem Namen der Reflexhemmung bezeichnen. Ferner können bei Thieren mit electrischen Organen electrische Wirkungen reflectorisch ausgelöst werden und bei Leuchtthieren Lichtwirkungen.

Es fragt sich, sind die excitomotorischen Nerven und die sensiblen Nerven verschieden von einander oder sind es die gewöhnlichen sensiblen Nerven, in denen auch die Impulse fortgeleitet werden, welche Reflexbewegungen, Reflexabsonderungen und Reflexhemmungen auslösen. Wir kennen keine Thatsache, welche uns zwingt anzunehmen, dass in den gewöhnlichen sensiblen Bahnen nicht auch reflectorische Erregungen fortgepflanzt werden können: aber wir kennen umgekehrt eine Menge von Thatsachen, die uns zeigen, dass es centripetalleitende Bahnen gibt, in welchen Impulse fortgeleitet werden, die Reflexe erregen, ohne dass sie uns eine Empfindung verursachen. Man sieht leicht ein, dass dies nur in den centralen Verbindungen begründet ist, welche die centripetalleitenden Bahnen, von denen wir sprechen, eingehen. Sind die Verbindungen derart, dass die Erregungen in diejenigen Theile des Gehirns fortgepflanzt werden, die uns bewusste Empfindungen und Vorstellungen zubringen, so sagen wir, dass die Erregung dieser Nerven uns eine Empfindung verursache. Findet aber im Centralorgane die Uebertragung einfach auf eine centrifugale Bahn statt, ohne dass die Kette der Veränderungen durch solche Theile abläuft, in welchen für uns die Quelle bewusster Empfindungen

zu suchen ist, so wird eine Reflexbewegung oder Reflexabsonderung erzeugt, ohne dass uns daraus eine bewusste Empfindung erwächst.

Es können im Centralorgane nicht nur Erregungen übertragen werden von centripetalen auf centrifugale Bahnen, sondern es können auch Erregungen übertragen werden auf andere Nervenelemente, welche mit anderen centripetalen Bahnen in Verbindung stehen. Da aber diese Erregungen ganz ähnliche Folgen haben, als wenn die centripetalen Bahnen, mit denen diese Elemente in Verbindung stehen, erregt worden wären, so entsteht dadurch eine Empfindung, die anscheinend ihre Ursache an dem peripherischen Ende eben jener centripetalen Bahnen hat, und eine solche Empfindung bezeichnen wir mit dem Namen der Mitempfindung.

Im Ohre verzweigt sich ein kleiner Ast des Vagus, der Ramus auricularis nervi vagi. Von diesem gehen einige Fäden in den tiefsten Theil des äusseren Gehörgangs. Wenn man mit einem Federbart oder einem zusammengedrehten Papiere immer tiefer und tiefer in den äusseren Gehörgang hineinbohrt, so spürt man endlich, wenn man an eine bestimmte Stelle kommt, ein Kitzeln im Kehlkopfe. Dann ist die Erregung auf Elemente im Centralorgane übertragen worden, die mit dem Nervus laryngeus superior, dem Empfindungsnerven des Kehlkopfes, in Verbindung stehen, und daher fühlt man das Kitzeln im Kehlkopfe. Es dauert aber nicht lange, so tritt auch Husten ein. Dieser ist eine Reflexbewegung. In unserer Vorstellung ist es so, als ob wir husten müssten, weil wir Kitzeln im Kehlkopfe fühlen, weil der gewöhnliche Angriffspunkt für die Reflexbewegung des Hustens in der Kehlkopfschleimhaut ist: in der That ist aber die wahre Ursache der Reflexbewegung, die ausgelöst worden ist, hier die Erregung des Ramus auricularis nervi vagi. Diese hat uns eine Mitempfindung im Laryngeus superior verursacht und in zweiter Reihe, indem der Reiz auf Elemente übertragen worden, die mit motorischen Bahnen in Berührung stehen, Husten als Reflexbewegung ausgelöst.

Es können endlich weiter, wenn Erregungen auf motorische Centren übertragen sind, diese sich in denselben ausbreiten, und es können dadurch Bewegungen, die wir nicht die Absicht haben hervorzurufen, entstehen. Wenn wir z. B. die Hand auf den Tisch legen und einen Finger nach dem andern aufzuheben suchen, so finden wir, dass uns dies das erste Mal nicht ganz gut gelingt, dass wir den einen oder andern Finger, der nicht mitgehoben werden sollte, mitaufheben, bis einige Uebung uns nach und nach dazu bringt die Finger vollkommen isolirt zu bewegen. Dies ist eine Erfahrung, die bei allen Kindern gemacht wird, die Klavierspielen lernen, indem sie Schwierigkeiten haben die Bewegungen der Finger zu isoliren, es aber später ganz gut lernen. Dergleichen Bewegungen, deren Ursachen unwillkürlich von einem motorischen Centrum auf das andere übertragen worden sind, bezeichnet man mit dem Namen der Mitbewegungen.

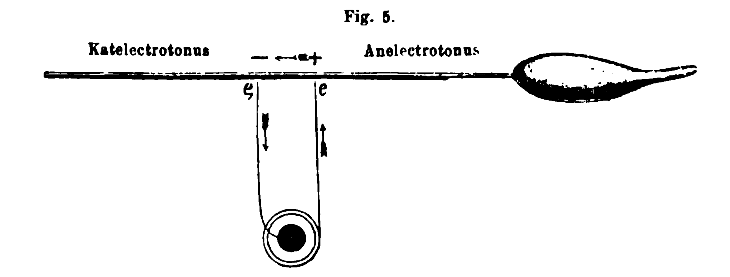
Motorische Nerven.

An den motorischen Nerven hat man mit besonderer Sorgfalt und mit dem Aufwande von sehr viel Arbeitskraft die Erregungen durch den electrischen Strom untersucht. Bei den älteren Versuchen waren, je nachdem man stärkere oder schwächere Ströme anwandte, je nachdem man sie eine kürzere oder längere Zeit hindurchleitete, die Resultate so verschie-

den, dass man sich gar nicht aus diesem Gewirre herausarbeiten konnte. Erst durch die grosse Arbeit von Pflüger über den Electrotonus ist in diesen Gegenstand eine grössere Klarheit hineingekommen. Früher pflegte man die Versuche so anzustellen, dass man die Electroden ohne weiteres an den Nerven selbst anlegte. Nun wissen wir aber, dass die Producte der Zersetzung, die durch den electrischen Strom hervorgebracht werden, sich am positiven und am negativen Pole ansammeln. Diese Producte der Zersetzung können in doppelter Weise bei dem Versuche nachtheilig wirken. Erstens insofern sie den Strömungsvorgang selbst verändern, denn sie bilden Kette in entgegengesetzter Richtung, und andererseits, indem sie an Ort und Stelle einen directen, einen chemischen Reiz auf die Nervensubstanz ausüben. Es war also ein wesentlicher Fortschritt, dass Pflüger zuerst die Nerven mit unpolarisirbaren Electroden untersuchte. Er untersuchte nicht allein die Erregung, welche durch den electrischen Strom, den man öffnet und schliesst, hervorgebracht wird, sondern seine wesentlichen Untersuchungen waren darauf gerichtet, die Veränderungen zu erforschen, welche in der Erregbarkeit des motorischen Nerven dadurch hervorgebracht werden, dass durch eine Strecke desselben ein electrischer Strom hindurchgeleitet wird, mit andern Worten, er untersuchte die Erregbarkeitsveränderungen im Electrotonus.

Denkt man sich den Gastroknemius eines Frosches, an dem der herauspräparirte Nerv hängt, und legt man an den Nerven eine Kette so an,

Fig. 5.

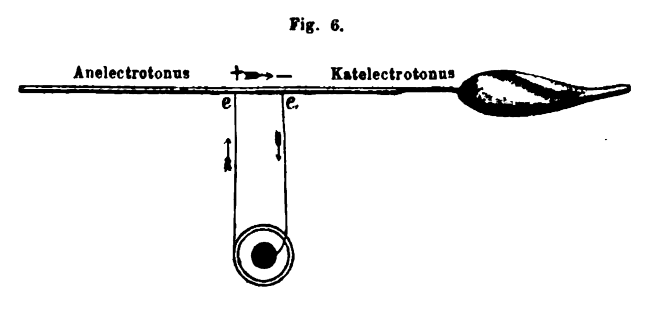


dass der Strom aufsteigend (siehe Figur 5) durch den Nerven hindurch geht, so sagt Pflüger von derjenigen Strecke, die jenseits der positiven Electrode liegt, die also stromaufwärts liegt, sie sei im Anelectrotonus, und von derjenigen Strecke, welche stromabwärts liegt, sagt er, sie sei im Katelectrotonus. Wenn er nun in dieser Weise einen Strom hindurchleitet, so findet er zunächst bei schwächeren Strömen, dass die Erregbarkeit erniedrigt ist im Gebiete des Anelectrotonus, und dass die Erregbarkeit erhöht ist im Gebiete des Katelectrotonus. Wenn er die Intensität der Ströme, mit denen er reizt, mit denen er die Erregbarkeit der verschiedenen Nervenstrecken prüft, immer herabmindert, so findet er, dass er an der negativen Electrode mit einer Stromstärke noch Erregungen hervorbringen kann, die am normalen Nerven keine Erregungen hervorgebracht hätte, dass er dagegen in der Region des Anelectrotonus eine beträchtlich grössere Stromstärke braucht, um dieselbe Wirkung hervorzurufen. Wenn er die Intensität des Stromes, der unseren Nerven von e bis e, durchfliesst, immer mehr steigert, so findet er, dass die Erregbarkeit in

der Gegend des Katelectrotonus nicht fortwährend steigt, sondern nachdem sie ein Maximum erreicht hat, abnimmt und endlich unter die Norm herabsinkt. Das erklärt Pflüger so, dass zwar in der Gegend des Katelectrotonus an und für sich die Erregbarkeit nicht abnehme, dass aber die Beweglichkeit der Moleküle in der Strecke, welche sich im Anelectrotonus befindet, so herabgesetzt wird, dass schliesslich die Erregung, die an der Stelle, die sich im Katelectrotonus befindet, erzeugt wird, nicht mehr bis zum Muskel fortgeleitet wird. In der That sinkt in der Gegend des Anelectrotonus die Erregbarkeit immer tiefer und tiefer, und erstreckt sich nicht nur auf die Nervenstrecke bis zum Muskel hin, sondern auch auf die Verzweigungen des Nerven innerhalb des Muskels.

Wir haben auf diese Weise in dem aufsteigenden Strome ein werthvolles Mittel, um die Nervenfasern innerhalb des Muskels unempfindlich zu machen. Durch einen starken electrischen Strom, den wir aufsteigend durch den Nerven hindurch schicken, können wir nicht nur diesen, sondern auch alle Verzweigungen desselben innerhalb des Muskels unempfindlich machen. In der Zeit, als noch darüber gestritten wurde, ob die Muskeln eine selbstständige Erregbarkeit hätten, oder ob sie nur von ihren Nerven aus erregt werden könnten, hat Kühne dies benützt, um die selbstständige Erregbarkeit der Muskelsubstanz nachzuweisen. Der Versuch, den er machte, war folgender. Er bediente sich wieder des Sartorius des Frosches mit seinen nervenfreien Endstücken. Mit den Electroden eines Magnetelectromotors tastete er den ganze Muskel ab und fand, dass die Erregbarkeit für die Inductionsströme am grössten war an der Stelle, wo der Nerv in den Muskel eintrat, dass sie abnahm gegen das Ende des Muskels zu und am geringsten war in den nervenfreien Stücken. Wir haben schon früher gesehen, dass eben die Muskelsubstanz an sich gegen Inductionsströme viel unempfindlicher ist, als die Nerven, die sich in den Muskeln verzweigen. Nachdem er so die Erregbarkeit an allen Theilen des Muskels geprüft hatte, schickte er einen starken aufsteigenden Strom durch den Nerven des Sartorius und tastete wieder mit den Electroden seines Magnetelectromotors die ganze Strecke des Muskels ab. Er fand, dass sie jetzt überall nur dieselbe Erregbarkeit besitze, wie er sie vor dem Durchleiten des Stromes an den nervenfreien Enden beobachtet hatte. Er zog hieraus mit Recht den Schluss, dass die Muskeln im normalen Zustande zweierlei Erregbarkeit haben, eine von den Nerven aus und eine, bei der die Muskelsubstanz direct erregt werde, und dass nur die letztere Art der Erregbarkeit übrig geblieben, nachdem er einen aufsteigenden Strom durch den Nerven des Sartorius hindurchgeleitet hatte.

Fig. 6.



Wir senden nun den electrotonisirenden Strom in entgegengesetzter Richtung durch den Nerven, so dass er, wie in Fig. 6 von e nach $e_{,}$, also

Das ist die sogenannte zweite Reizstufe. Diese charakterisirt sich dadurch, dass jetzt auch das Vergehen des Anelectrotonus bereits ein hinreichender Reiz ist, um eine Muskelcontraction auszulösen. Die dritte Reizstufe charakterisirt sich dadurch, dass der Strom jetzt so stark ist, dass, wenn man denselben in aufsteigender Richtung schliesst, man gar keine Zuckung erhält, einfach deswegen, weil jetzt eine so starke Depression an der positiven Electrode eingetreten ist, dass die Erregung, welche das Entstehen des Katelectrotonus hervorbringt, nicht mehr bis zum Muskel fortgepflanzt wird. Oeffnet man aber, so erhält man eine Oeffnungszuckung, manchmal sogar, je nach der Stärke des Stromes und der Länge der Zeit, während welcher er geschlossen war, eine Reihe von Zuckungen, einen sogenannten Oeffnungstetanus, indem dann der Anelectrotonus eine gewisse Zeit braucht, um zur Norm abzufallen und dadurch eine Reihe von Erregungen hervorbringt, die eine Reihe von Zuckungen im Muskel bewirken. Was geschieht, wenn ich diesen starken Strom, der aufsteigend keine Zuckung gab, absteigend schliesse? Dann erhalte ich eine starke Schliessungszuckung und darauf tritt Ruhe ein, und wenn ich nun öffne, so erhalte ich sehr verschiedene Resultate, je nach der durchlaufenen Strecke und je nachdem der Strom kürzere oder längere Zeit geschlossen war. War er nur kurze Zeit geschlossen, so erhalte ich eine relativ unbedeutende Oeffnungszuckung. Man erklärt sich das daher, dass die Strecke, die sich im Katelectrotonus befand, weniger geeignet ist, die Erregung, die durch das Vergehen des Anelectrotonus erzeugt wird, bis zum Muskel fortzupflanzen. War dagegen der Strom einige Zeit geschlossen gewesen, und man öffnet dann, so erhält man eine viel stärkere Oeffnungszuckung, ja man kann dann eine Reihe von Oeffnungszuckungen, einen förmlichen Oeffnungstetanus, nach seinem Entdecker Ritter'scher Tetanus genannt, in ähnlicher Weise, wie früher, bekommen.

Diesen Oeffnungstetanus, der entsteht, nachdem der absteigende Strom geöffnet ist, hat Pflüger benützt, um die Richtigkeit seiner Annahme über die Ursache der Zuckungen zu erweisen. Er sagt nämlich: Wenn es richtig ist, dass das Vergehen des Anelectrotonus diesen Tetanus hervorbringt, dann muss er aufhören, wenn ich die Strecke, die sich im Anelectrotonus befindet, ausser Verbindung mit dem Muskel setze. Er durchschnitt deshalb beim Beginne des Oeffnungstetanus die intrapolare Strecke. Die Strecke des Katelectrotonus blieb dabei noch mit dem Muskel verbunden. Wenn also von dem Katelectrotonus die Zuckungen hergerührt hätten, so müsste der Muskel noch zucken; er hört aber auf zu zucken, zum Beweise, dass es der Anelectrotonus war, dessen Vergehen die Zuckungen hervorgebracht hatte. Dass dies in der That so ist, geht daraus hervor, dass diese Wirkung ausblieb, wenn er den Nerven so durchschnitt, dass ein Theil der Strecke, die sich im Anelectrotonus befand, mit dem Muskel noch im Zusammenhange blieb; dann hörte der Tetanus nicht auf.

Dieser Tetanus beim Oeffnen von constanten Strömen, die den Nerven längere Zeit durchflossen haben, zeigt, dass die Veränderung, die im Nerven hervorgebracht wird, nicht plötzlich aufhört, sondern dass er einige Zeit braucht, um zur Norm zurückzukehren. Dieser Oeffnungstetanus kann sofort aufgehoben werden, wenn ich den Strom wieder herstelle, weil dann die Ursache desselben aufgehoben ist, er wird aber

gesteigert, sobald ich einen Strom in entgegengesetzter Richtung durchsende, weil dieser Strom die Anordnung der Moleküle umzukehren sucht und so die Ursache vermehrt, die die Erregung hervorrief. Nun ist aber das Stadium, in dem der Muskel zuckt, nur ein Theil des Stadiums, in welchem der Rückgang in den früheren Zustand stattfindet. Wenn der Muskel aufhört zu zucken, so ist der Nerv noch nicht zu seiner Norm zurückgekehrt, sondern die Veränderungen, die in ihm vorgehen, sind nur nicht stark genug, um eine Zuckung im Muskel hervorzurufen. Dass er dann noch im veränderten Zustande ist, zeigt sich, wenn man ihn mit auf- und absteigenden Strömen untersucht. Leitet man einen Strom in derselben Richtung hindurch, in der der frühere circulirte, so zeigt sich der Nerv relativ unempfindlich, leitet man aber in entgegengesetzter Richtung von dem früheren einen Strom durch den Nerven, so zeigt er sich relativ empfindlich. Dies war eine wesentliche Quelle der paradoxen Erscheinungen, die man früher, ehe man diese Verhältnisse kannte, wahrgenommen und nicht zu erklären wusste.

Man muss den Satz Pflüger's, die Zuckung entstehe durch das Entstehen des Katelectrotonus und durch das Vergehen des Anelectrotonus, als die Auslegung eines schon früher von du Bois aufgestellten Gesetzes ansehen. Dieses sagt, dass nicht der ruhig fliessende Strom als solcher die Zuckung auslöst, sondern dass die Erregung beim Ansteigen und Abfallen des Stromes entsteht und dass die Erregung um so stärker ist, ceteris paribus, je schneller der Strom ansteigt oder abfällt. Es entsteht also eine Erregung beim Schliessen und Oeffnen des Stromes, es entsteht aber auch eine Erregung, wenn während des Durchfliessens des Stromes dieser plötzlich zunimmt oder plötzlich abnimmt. Kurz, es entsteht eine Erregung unter denselben Umständen, unter welchen in einen benachbarten geschlossenen Leiter ein Inductionsstrom inducirt worden wäre. Diese Erregung entsteht, wie wir durch Pflüger's Versuche gelernt haben, dadurch, dass entweder irgendwo ein Katelectrotonus entsteht oder sich steigert, oder ein Anelectrotonus vergeht oder doch plötzlich auf einen viel geringeren Grad abfällt. Daraus, dass es der electrische Strom nicht eigentlich als solcher ist, der unmittelbar die Muskelzusammenziehung hervorruft, sondern dass es der entstehende Katelectrotonus oder der vergehende Anelectrotonus ist, wird sich eine untere Grenze in Bezug auf die Stromdauer für das du Bois'sche Gesetz ergeben, d. h. wenn ein Strom eine allzu kurze Dauer hat, so wird er, wenn er auch plötzlich ansteigt und wieder abfällt, doch keine Zuckung hervorbringen, weil die Zeit für das Entstehen des Electrotonus nicht vorhanden ist. Man darf nicht sagen, weil die Zeit für die vollständige Entwickelung des Stromes nicht vorhanden, denn wir wissen, dass der Strom sich in Leitern von solchen Dimensionen, wie die sind, mit denen wir es zu thun haben, mit ganz ausserordentlicher Schnelligkeit entwickelt. Aber nicht mit gleicher Schnelligkeit entwickeln sich die Veränderungen, die der Strom im Nerven hervorruft und die wir mit dem Namen des Electrotonus bezeichnen. Diese Voraussetzung hat sich durch die Versuche von Fick vollständig bestätigt. Fick fand, dass, wenn man die Dauer eines Stromes, der noch stark genug ist, beim Schliessen und Oeffnen den Nerven zu reizen, immer mehr und mehr abkürzt, man endlich zu einer unteren Grenze gelangt, von der an der Stromstoss keine Zuckung mehr hervorbringt. Auf diese untere Grenze

kommt man um so früher, je schwächer der Strom schon an und für sich ist, und zwar aus einem begreiflichen Grunde. Je stärker der Strom ist, um so rascher wird ein gewisser Grad von Electrotonus erzielt werden, um so kürzer wird also auch die Zeit sein können, während welcher dieser Strom wirksam zu sein braucht, um einen solchen Grad von Electrotonus hervorzurufen, dass dadurch eine Zuckung ausgelöst wird. Es hat sich auch ebenso gezeigt, dass, wenn ein Strom sehr kurze Unterbrechungen erleidet, keine Zuckung eintritt, wenn die Unterbrechungen zu kurz sind. Bei der Unterbrechung soll die Zuckung durch das Abfallen und durch das Sichwiederherstellen des Electrotonus entstehen. Wenn aber die Zeit dafür, dass der Electrotonus wesentlich von seiner Höhe herabfallen kann, zu kurz ist, so kann weder das Herabfallen noch das Sichwiederherstellen desselben einen solchen Reiz bedingen, dass dadurch der Muskel in Zusammenziehung versetzt wird. Auch hier zeigt sich wieder, dass je stärker der Strom ist, um so kürzer auch die Unterbrechungen sein können, die noch hinreichend sind, um einen Muskel in Zusammenziehung zu versetzen.

Wir müssen diese Thatsachen im Zusammenhang mit einer andern betrachten, mit der nämlich, dass, wie dies schon du Bois wusste und in seinem Gesetze aussprach, ein Muskel nicht in Zusammenziehung versetzt wird, wenn der Strom, den man durch seinen Nerven hindurchschickt, zu langsam ansteigt oder zu langsam abfällt. Der Strom muss mit einer gewissen Geschwindigkeit ansteigen oder abfallen, damit überhaupt eine Zuckung ausgelöst wird. Je steiler er ansteigt oder abfällt, um so kräftiger fällt die Zuckung aus. Wir haben gesehen, dass es nicht der Strom als solcher ist, welcher direct die Muskelzusammenziehung hervorbringt, sondern dass der Strom in den Nerven Veränderungen hervorruft, bei deren Entstehung die Erregungsursachen erzeugt werden, welche den Muskel in Contraction versetzen. Wenn diese Erregungsursachen beliebig lange fortbestehen, sich also fortwährend summiren könnten, so würden endlich, wenn ein Strom auch langsam ansteigt, soviel Erregungsursachen summirt werden, dass doch eine Muskelcontraction ausgelöst wird, vorausgesetzt, dass der Strom schliesslich zu einer hinreichenden Stärke ansteigt. Das ist aber nicht der Fall. Es zeigt sich, dass die Erregungsursachen, die hier erzeugt werden, wieder verschwinden, wenn sie nicht sofort zur Wirkung kommen, und unter dieser Annahme erklären sich alle weiteren Erscheinungen.

Steigt nämlich der Strom plötzlich an, so werden alle Erregungsursachen, die er bei seinem Ansteigen hervorbringt, in einer kürzeren Zeit erzeugt, können sich also vollständig summiren, und es entsteht eine Zuckung. Steigt er dagegen sehr langsam an, so verschwindet während seines weiteren Ansteigens ein Theil der Erregungsursachen. Es werden zwar neue erzeugt, dafür verschwinden aber immer andere, die schon früher erzeugt waren, so dass nie eine Summe erzielt wird, die hoch genug wäre, den Muskel in Zusammenziehung zu versetzen. Von diesem Standpunkte aus verstehen wir auch, warum ein Strom, wenn er immer schneller und schneller unterbrochen wird, schliesslich keinen Tetanus mehr erzeugt. Jeder einzelne Stromstoss ist zu kurz, um an und für sich eine Zusammenziehung hervorzubringen. Würden die Erregungsursachen permanent sein, so würden sie sich schliesslich aus einer Reihe von Stromstössen summiren, und es würde endlich doch eine Erregung zu Stande

kommen. Nun sind aber diese Erregungsursachen nicht permanent, sondern verschwinden nach einer verhältnissmässig kurzen Zeit, wenn sie nicht sofort zur Wirkung kommen, und es können sich deshalb, wenn ein Strom in sehr kurzen Zeiten hintereinander unterbrochen wird, die kleinen Stromstösse in ihren Wirkungen nicht so weit summiren, dass dadurch eine Reizsumme entstünde, die hoch genug wäre, um den Muskel in Contraction zu versetzen.

Durch diese Betrachtungen und durch Combination der Thatsachen, die wir bisher kennen gelernt haben, lässt sich auch ein Band herstellen zwischen den Erscheinungen, die wir auf Reizungen an den Muskeln der Frösche beobachtet und den merkwürdigen, anscheinend ganz abweichenden Erscheinungen, die Fick vor längerer Zeit am Schliessmuskel der Bivalven beobachtet hat. Er fand, dass der Schliessmuskel der Bivalven sich noch auf einen Strom zusammenzieht, der so langsam ansteigt, dass es nicht mehr möglich wäre, durch diesen Strom einen Froschmuskel in Contraction zu versetzen. Andererseits fand er, dass gegen einen mit einer gewissen Geschwindigkeit unterbrochenen Strom, der einen Froschmuskel noch in Tetanus versetzte, der Muskel der Bivalve sich ebenso verhielt, wie gegen einen constanten Strom, der geschlossen wird; dass nämlich der Schliessmuskel der Bivalve auf einen unterbrochenen Strom von gewisser Schlagfolge sich bis zu einer gewissen Grösse zusammenzog, dann stehen blieb und, wenn diese Schlagfolge unterbrochen wurde, wenn sie aufhörte, sich noch einmal zusammenzog, als ob ein constanter Strom geöffnet worden wäre. Alle diese Erscheinungen erklären sich aus der Langsamkeit, mit der die Veränderungen in dem Muschelpräparate erzeugt werden, und andererseits aus der Langsamkeit, mit der diese Veränderungen und somit auch die Erregungsursachen wieder vergehen. Ich habe diese Dinge in einer kleinen Abhandlung näher auseinandergesetzt, im 58. Bande zweiter Abtheilung der Sitzungsberichte unserer Akademie.

Ausser den electrischen Reizen kommen für die motorischen Nerven noch die mechanischen, thermischen und chemischen Reize in Betracht. Unter thermischen Reizen versteht man die Erregungszustände, die dadurch hervorgebracht werden, dass der Nerv plötzlich einer sehr hohen oder einer sehr niedrigen Temperatur ausgesetzt wird. Eckard hat Untersuchungen über die motorischen Nerven in Rücksicht auf thermische Reize angestellt und bei seinen Versuchen gefunden, dass durch Temperaturen unter -4^0 und über $+54^0$ Zuckungen erregt werden können, dass aber die Temperaturen zwischen -4^0 und $+54^0$ unwirksam sind.

Die chemischen Reize wurden früher in der experimentellen Nervenphysiologie mehr angewendet als jetzt. Die neuesten ausführlichen Untersuchungen über dieselben sind von Kühne angestellt worden. Es hat sich aber bis jetzt kein bestimmtes Gesetz herausgestellt, nach dem man im Vorhinein aus der chemischen Constitution einer Substanz bestimmen könnte, ob sie einen Reiz für die motorischen Nerven abgeben werde oder nicht. Es wirken als Reize im Allgemeinen die concentrirten Mineralsäuren. Bei den Alkalien wirken Kali und Natron als Reizmittel, dagegen zeigt sich Ammoniak, auf den Nerven applicirt, unwirksam, obschon es ihn örtlich sogleich tödtet. Chlornatrium und concentrirte Chlorcalciumlösung und salpetersaures Silberoxyd zeigen sich wirksam, während eine Reihe

von Salzen anderer schwerer Metalle sich als unwirksam erwiesen hat. Ausserdem haben sich Carbolsäure, Alcohol, concentrirtes Glycerin, Galle, gallensaures Natron, d. h. die Verbindungen von Natron mit den beiden Gallensäuren, der Glycochol- und Taurocholsäure, als wirksam bewährt.

Da nicht alle Substanzen, die den Nerven chemisch reizen, auch den Muskel reizen und umgekehrt Substanzen, die den Muskel chemisch reizen, sich unwirksam gegenüber den Nerven bewiesen haben; so hat Kühne seinerzeit diese Verschiedenheit benützt, um den Beweis für die eigene Erregbarkeit, für die Irritabilität der Muskelsubstanz herzustellen. Dazu diente ihm in erster Reihe das Ammoniak. Er stellte folgenden Versuch an. Er brachte auf einem Gestell einen kleinen Metallschirm mit einem Loche an, durch das er den Nerven eines Gastrocnemius hindurchzog. Diesen Nerven legte er auf eine kleine Schale und brachte ihn mit Ammoniak in Berührung, ohne dass die Dämpfe des Ammoniaks an den Muskel herankommen konnten, da der Muskel durch den Schirm geschützt war. Es zeigte sich, dass es nicht möglich war, vom Nerven aus eine Zusammenziehung des Muskels mittelst Ammoniak hervorzurufen. Wenn er dagegen eine offene Ammoniakflasche hinstellte und darüber den Muskel aufhing, so fing der Muskel zu zucken an und gerieth in immer lebhafter werdende Bewegungen in Folge der Erregung, welche das auf die Muskelsubstanz wirkende Ammoniak hervorbrachte.

Blicken wir noch einmal auf die Reize für die motorischen Nerven und ihre Wirkungen im Allgemeinen zurück, so müssen wir sagen, dass eine Veränderung, die entweder durch den electrischen Strom, oder durch mechanische, thermische, chemische Reize erzeugt wird, sich den Nerven entlang fortpflanzt, bis sie endlich zu den Nervenendplatten gelangt, und dass sie von diesen aus diejenigen Muskelfasern jedesmal in Zusammenziehung versetzt, deren contractiler Substanz die betreffende Nervenendplatte aufliegt. Es gilt hiebei, soweit nicht die electrischen Stromschwankungen in Betracht kommen, von denen wir früher gesprochen, durchweg das Gesetz der isolirten Leitung, d. h. es wird eine Erregung aus einer Nervenfaser niemals auf eine andere übertragen, sondern sie folgt immer den dichotomischen Verzweigungen dieser Nervenfaser und erzeugt deshalb auch nur Contractionen in denjenigen Muskelfasern, zu welchen diese Nervenfaser Endplatten gibt. Je grösser also die Menge der Nervenfasern ist, welche vom Centralorgane kommen, um so grösser ist das Vermögen der Isolation, um so mehr können einzelne Muskelpartien in Zusammenziehung versetzt werden. Wo aber ein solcher höherer Grad von Isolation nicht nothwendig ist, da kann auch eine verhältnissmässig geringe Anzahl von Nervenfasern grössere Muskelpartien versorgen, indem die einzelnen Fasern sich dichotomisch verzweigen und endlich eine grosse Anzahl von Muskelfasern mit Endplatten versorgen. Wenn man die Muskelnerven eines Krebses und die eines Wirbelthieres mit einander vergleicht, so findet man einen sehr auffallenden Unterschied. Bei den Wirbelthieren verlaufen die Muskelnerven einfach und ungetheilt im Stamme und erst wenn sie in den Muskel eingetreten sind, verzweigen sie sich dichotomisch und bilden dann ihre Endplatten. Es wird in den Stämmen zu den einzelnen Muskeln eine verhältnissmässig grosse Anzahl von Nerven geschickt. Betrachtet man dagegen die motorischen Nerven eines Krebses, so findet man, dass sich die einzelnen Fasern förmlich baumartig verzweigen und dass, nachdem

sie eine grosse Menge von dichotomischen Theilungen eingegangen, sie zu den Muskelfasern hintreten und ihre Endplatten bilden. Das hängt offenbar mit der Verschiedenheit in dem Baue der Wirbelthiere einerseits und der Gliederthiere andererseits zusammen. Die Krebse mit ihrem äusseren Skelett und ihren vielen Charniergelenken können ohnehin keine so zahlreichen Bewegungen ausführen, brauchen ohnehin keinen solchen Grad von Isolation in der Zusammenziehung der einzelnen Partien ihrer Muskeln, als dies bei den Wirbelthieren der Fall ist, und können sich deshalb mit einer geringeren Anzahl von Nervenfasern für ihre Muskeln begnügen, wenn diese sich hinreichend verzweigen, um alle Muskelfasern mit Endplatten zu versorgen.

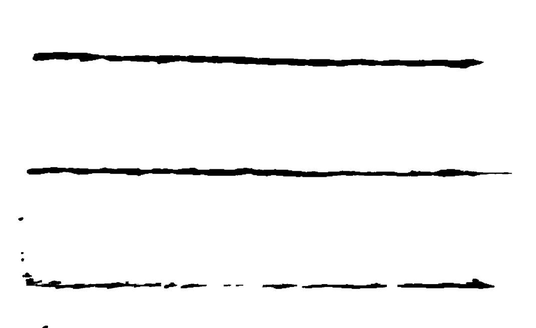
Electrische Organe und ihre Nerven.

Von Zitterfischen kennt man erstens den Zitteraal, Gymnotus, zweitens die verschiedenen Arten des Zitterwelses, Malapterurus, und drittens die Zitterrochen. Von den Zitterrochen kennt man eine Reihe von Genera, nämlich Narce, Narcine, Temera, Astrape, Discopyge, Torpedo. Ausserdem kommen beim Genus Gymnarchus und beim Genus Mormyrus Organe vor, welche für electrische Organe gehalten werden.

Die electrischen Organe sind im Zustande der Ruhe vollkommen wirkungslos, werden aber plötzlich durch Erregung der zu ihnen gehenden Nerven in kräftig wirkende electrische Batterien verwandelt. Die electrischen Ströme, die sie dann geben, unterscheiden sich in nichts von den Strömen, die man durch physikalische Hilfsmittel hervorruft. Man hat von diesen Strömen Funken erhalten, man hat mit ihnen chemische Zersetzungen vorgenommen, man hat die Magnetnadel abgelenkt, man hat Stahlnadeln magnetisirt, kurz alle möglichen Proben mit ihnen gemacht, um zu erweisen, dass sie wirklich eben solche Ströme sind, wie die, welche unsere physikalischen Vorrichtungen geben.

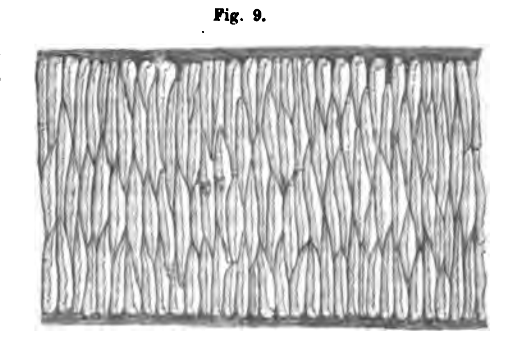
Die Art, wie die electrische Wirkung wachgerufen wird, bietet viel Analogie mit der Art und Weise, in der die motorischen Nerven die Muskelcontractionen auslösen. Erstens unterliegen sie dem Willen des Thieres. Das Thier gibt electrische Schläge nach Willkür und bedient sich derselben, theils um sich gegen seine Feinde zu schützen, theils um seine Beute zu betäuben. Zweitens werden die Ströme durch directe Reizung der zu den electrischen Organen gehenden Nerven ausgelöst. Drittens werden die Ströme auch auf reflectorischem Wege ausgelöst, und endlich zeigt sich das electrische Organ in derselben Weise ermüdbar, wie die Muskeln. Wenn das Thier eine Reihe von Schlägen abgegeben hat, werden dieselben schwächer und schwächer, gerade so, wie ein Muskel, nachdem er eine Reihe von Contractionen gemacht hat, nicht mehr im Stande ist, sich mit der früheren Kraft zusammenzuziehen.

Der mächtigste unter den Zitterfischen ist der Zitteraal, Gymnotus electricus, ein Süsswasserfisch Südamerikas, wo er namentlich in den Landseen von Surinam vorkommt. Schon Alexander von Humboldt beschrieb die Art und Weise, wie diese Thiere hier gefangen werden. Da man sie nicht ohne weiteres angreifen kann, wegen der gefährlichen electrischen Schläge, die sie ertheilen; so treibt man Pferde, die sich



war, anatomisch genau und gründlich untersucht. Auch bei diesem liegt das electrische Organ zu beiden Seiten des Körpers, als ein paariges Gebilde. Es ist aber hier mehr mantelförmig, so dass das Thier gewissermassen in dasselbe eingehüllt ist. Jederseits entspringt aus dem vordern an die Medulla oblongata grenzenden Theile des Rückenmarks eine colossale Nervenfaser als nackter Axencylinder von einer sehr grossen Ganglienkugel. Dieser Axencylinder tritt in eine Nervenscheide ein und geht als electrischer Nerv zu dem Organe hin, vertheilt sich in demselben dichotomisch und zwar so lange, bis er alle Elemente desselben mit Endigungen versorgt hat. Das electrische Organ besteht hier wiederum aus einer grossen Menge von bindegewebigen Kästchen, ganz ähnlich, wie wir dies beim Zitteraale kennen gelernt haben, nur liegen hier die Kästchen nicht wie beim Zitteraale in Längsreihen, sondern alternirend (siehe Figur 9). In jedem einzelnen dieser Kästchen liegt wiederum eine Gallertscheibe, die electrische Endplatte (sie ist in der Figur wieder durch Punktirung kenntlich gemacht), und zu dieser tritt jedesmal von hinten her der Endast einer Nervenfaser.

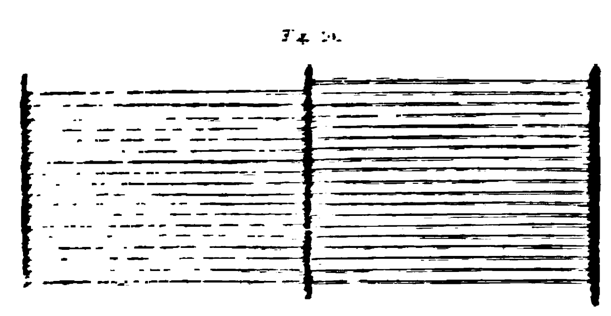
Fig. 9.



Da bei den übrigen bekannten Zitterfischen die Seite der Platte, auf der sich die Nervenendigung befindet, negativ wird, so könnte man meinen, dass auch hier das Kopfende des Thieres positiv und das Schwanzende negativ werde. Ranzi hat aber nachgewiesen, dass umgekehrt das Schwanzende positiv und das Kopfende negativ wird. Max Schultze erklärt diesen scheinbaren Widerspruch in folgender Weise: Wenn man die electrische Endplatte näher untersucht, so findet man, dass sie an ihrer vorderen Seite in der Mitte eine nabelförmige Hervorragung hat, und wenn man den Endast des Nerven verfolgt, so sieht man, dass dieser die Endplatte durchbohrt und nicht an ihrer hinteren Fläche, sondern vorn in dieser nabelförmigen Hervorragung endigt. Boll ist indessen in neuester Zeit dieser Auffassung entgegengetreten, indem er das, was Max Schultze als den durchbohrenden Nerven deutete, als einen stielartigen Fortsatz der Platte ansieht, in den der Nerv übergeht. Auch Zitterwelse sind nach Europa gekommen und ausführlich von du Bois untersucht worden, der mehrere Exemplare durch Goodsir erhielt und im Berliner Museum in einem Troge mit gewärmtem Wasser aufbewahrte, um alle ihre Gewohnheiten zu studiren.

Die dritte Art der electrischen Fische sind die Zitterrochen, von denen das Genus Torpedo in mehreren Species im Mittelmeere verbreitet ist und deshalb vielfach und frühzeitig untersucht wurde. Bei den Zitterrochen liegt das electrische Organ zwischen dem Kiemengerüst des Thieres einerseits und der Brustflosse andererseits und nimmt ein ausgedehntes Areal ein, das sich an der Bauchseite schon durch die Haut hindurch als eine Menge kleiner sechseckiger Felder auszeichnet. Diese ent-

[illegible] Elementen, die von der [illegible]. Wenn man [illegible] denkt, so liegt in der Mitte desselben der Körper, zu beiden Seiten die vorderen Extremitäten und der Raum zwischen beiden ist durch die Säulen des electrischen Organes erfüllt, deren sechseckige Basen man an der Bauchseite des Thieres


Fig. [illegible]

sehen kann. Betrachtet man eine einzelne solche Säule, so findet man, dass sie der Quere nach durch lauter Septa getheilt ist, dass dadurch flache Kästchen (siehe Figur 10) entstehen, und in jedem dieser sich eine electrische Platte in Gestalt einer gallertigen Scheibe befindet, zu der von unten her der Endast einer Nervenfaser herantritt und sich nach mehrfachen dichotomischen Theilungen mit einem feinen Endnetze, oder richtiger Endgitter, hier verzweigt. Die untere Seite wird hier also negativ, die obere positiv. Der Strom geht somit im Wasser von der Rückenseite um das Thier herum zur Bauchseite. Da die Säulen, die der Axe des Thieres näher liegen, höher sind und mehr Platten enthalten als die entfernter liegenden, so werden an der Rückenseite die Partien in der Nähe des Rumpfes mehr positiv sein, als die Partien in der Nähe der Brustflosse, und an der Bauchseite werden die Partien in der Nähe des Rumpfes mehr negativ sein, als die in der Nähe der Flossen. An der Rückenseite des Thieres kann man also schwächere Ströme erhalten, welche von einem der Axe nähergelegenen zu einem dem Rande nähergelegenen Punkte verlaufen, und an der Bauchseite kann man Ströme erhalten von einem dem Rande nähergelegenen Theile des Organs zu einem Theile desselben, der der Axe des Körpers näher liegt.

Wenn es uns nun in Erstaunen setzen muss, dass durch die Impulse, die von einem Nerven ausgehen, ein anscheinend ganz harmloses Organ in eine kräftig wirkende electrische Batterie verwandelt werden kann, so ist dies im Grunde doch nicht wunderbarer, als dass durch ähnliche Impulse in einem Muskel eine solche Veränderung eintreten kann, dass er plötzlich einer ganz neuen Gleichgewichtsfigur zustrebt, und dass durch ähnliche Impulse in einer Drüse eine solche Veränderung eintreten kann, dass sie plötzlich aus der umgebenden Gewebsflüssigkeit und aus dem Blute eine grosse Menge von Flüssigkeit aufnimmt und ein Secret abzusondern anfängt, endlich dass durch solche Impulse eine Bewegung gehindert werden kann, welche sonst auf alle Fälle ausgelöst worden wäre. Das, was an diesen Erscheinungen durchaus nicht in den Kreis unserer Vorstellungen hineinpasst, ist, dass die Fische sich nicht selbst erschlagen. Denn da der electrische Strom bekanntermassen in allen Abschnitten des Stromkreises mit gleicher Gesammtstärke circulirt, so muss er auch mit dieser selben Gesammtstärke durch den Fisch, der ihn hervorbringt,

durchgehen. Es fragt sich also, warum werden die electrischen Fische von diesen Strömen nicht beschädigt? Die Antwort darauf hat du Bois an seinen Zitterwelsen gefunden. Sie lautet einfach: Die electrischen Fische sind gegen electrische Schläge in ganz ausserordentlicher Weise unempfindlich. Du Bois machte, um dies zu erweisen, folgenden einfachen Versuch, den er oft wiederholt hat. Er setzte in das Wasser, in dem seine Zitterwelse sich befanden, gewöhnliche Flussfische und ausserdem Frösche. Nun senkte er von beiden Seiten die Electroden eines kräftig wirkenden Inductionsapparates in das Wasser hinein und liess Schläge desselben hindurchgehen. Die Flussfische verfielen in Tetanus, wendeten sich um und gingen nach kurzer Zeit zu Grunde. Aehnlich verhielten sich auch die Frösche. Die Zitterwelse aber schwammen zwischen den Sterbenden ganz munter herum, und man merkte ihnen nichts anderes an, als dass sie sich, wenn sie in die Nähe der Electroden kamen, von denselben abwendeten, dass sie umkehrten, und sich ruhig weiter entfernten. Eine andere Frage, auf welche wir die Antwort nicht wissen, ist die: Wie ist es möglich, dass Thiere, die ganz nach dem Typus der anderen Wirbelthiere gebaut sind, deren Nerven, Gehirn und Rückenmark anscheinend aus denselben Formen und Materialien aufgebaut sind, wie die der übrigen Thiere, sich einer solchen Immunität gegen electrische Schläge erfreuen können?

Ich muss schliesslich noch anführen, dass mehrere Gelehrte, die sich in neuerer Zeit mit der mikroskopischen Untersuchung der elektrischen Organe und der motorischen Nervenendplatten beschäftigt haben, zu der Ansicht gelangt sind, dass eine sehr enge Analogie zwischen den Platten in den elektrischen Organen und den Kühne'schen Endplatten der motorischen Nerven an den Muskelfasern bestehe. Hiernach könnte man sich das electrische Organ als einen Muskel denken, aus dem alle Muskelfasern herausgezogen und die Endplatten alle zusammengelegt wären, und andererseits könnte man sich wieder den Muskel als ein contractiles Gebilde denken, auf dessen einzelnen Fasern electrische Endplatten vertheilt wären, so dass nun die Impulse, welche zu diesen electrischen Endplatten gelangen, sich auf die contractile Substanz übertragen und die Zusammenziehung derselben hervorrufen. Wenn man annimmt, dass die Reizung des Muskels vom Nerven aus immer eine electrische ist, und wenn man annimmt, dass die electrischen Wirkungen in den Endplatten nur bei Stromschwankungen entstehen, so würde dies erklären, weshalb der constante Strom auf den Muskel zwar direct, aber nicht vom Nerven aus wirkt. Es hat indessen diese von mehreren Seiten aufgestellte Hypothese die Experimentalkritik nicht ausgehalten, welche du Bois-Reymond an sie gelegt hat.

Centripetalleitende Nerven.

Gehen wir jetzt zu den centripetalleitenden Nerven über, so gilt für sie zunächst in derselben Weise, wie für die motorischen, das Gesetz der isolirten Leitung. Es können von einem Organe aus so viel getrennte Impulse zum Centrum geschickt werden, als Nervenfasern dahin verlaufen, indem eben ein Impuls im Verlaufe der Nervenfasern niemals von der einen auf die andere überspringt. Dieses Gesetz der isolirten Leitung ist offenbar für die centripetalleitenden Nerven ebenso wichtig, wie für die

centrifugalleitenden. Denn es handelt sich beim Auslösen einer Reflexbewegung darum, dass die Erregungen im Centralorgane auf bestimmte Gruppen von Ganglienkugeln übertragen werden. Um dasselbe handelt es sich bei den Reflexabsonderungen, bei den Reflexhemmungen. Ebenso klar ist es, dass unser ganzes räumliches Unterscheidungsvermögen, welches uns mittelst der empfindenden Nerven zukommt, nur auf dem Gesetze der isolirten Leitung beruht, dass nur vermöge dieses Gesetzes getrennte sogenannte Localzeichen zum Centralorgane gelangen können, vermöge welcher wir uns in der Aussenwelt zurechtfinden, vermöge welcher wir uns durch unsere Tastnerven orientiren, vermöge welcher wir Bilder erhalten, indem die verschiedenen Nervenfasern des Opticus uns verschiedene Localzeichen zum Gehirne schicken.

Wenn aber die Impulse einmal im Centralorgane angelangt sind, so erleidet hier das Gesetz der isolirten Leitung, wie wir schon im Vorübergehen gesehen haben, gewisse Einschränkungen, indem dann die Impulse auf motorische Nerven, auf Absonderungsnerven übertragen werden können, um Reflex zu erzeugen, und auch auf die sensiblen Elemente übertragen werden können, wodurch dann Mitempfindungen entstehen. Wir haben schon gesehen, dass die Ursachen dieser Mitempfindungen nicht im Centralorgane vorgestellt werden, sondern an den Enden von empfindenden Nerven, welche mit den erregten Gebilden im Centralorgane in Verbindung stehen. Die Mechanik davon ist ganz einfach. Das, was uns die Vorstellung verursacht, ist die Erregung im Centralorgane. Da nun diese Gruppe von Nervenzellen im Centralorgane gewöhnlich von den Enden gewisser peripherischer Nerven aus erregt wird; so ist es klar, dass jetzt, wo sie auf einem andern Wege erregt worden ist, ohne dass uns davon etwas näheres in das Bewusstsein einging, wir uns wiederum vorstellen, es finde eine Erregung an den peripherischen Enden eben jener Nerven statt. Damit hängt folgende Erscheinung eng zusammen. Wenn ein empfindender Nerv irgendwo in seinem Verlaufe gereizt wird, so kann er immer nur eine Empfindung im Centralorgane hervorbringen, welche die Vorstellung erweckt, dass sein peripherisches Ende gereizt worden wäre. Es geschieht ja weiter nichts, als dass eine Gruppe von Nervenzellen im Centralorgane erregt wird. Wie lang die Nervenstrecke ist, welche die Erregung bis dahin durchlaufen hat, davon wissen diese Nervenzellen nichts. Sie haben aber die Erfahrung gemacht, dass für gewöhnlich die Erregungen, die ihnen zukommen, ihre Ursachen an den peripherischen Enden der sensiblen Nerven haben, sie bringen also auch wiederum die Empfindung in Zusammenhang mit Vorstellungen von Erregungen an den Enden der sensiblen Nerven. Dieses Gesetz, welches sagt, dass wenn ein sensibler Nerv in seinem Verlaufe oder an seinem centralen Ende erregt wird, doch die Ursache der Empfindung und deren Ort an der peripherischen Ausbreitung desselben gesucht wird, nennt man das Gesetz der excentrischen Erscheinung.

Es kann sich dabei herausstellen, dass man anscheinend Empfindungen hat in Theilen, welche thatsächlich gar nicht mehr vorhanden sind. Johannes Müller pflegte von einem Invaliden zu erzählen, der ein Bein in dem Feldzuge von 1813 verloren hatte. Er prophezeite schlechtes Wetter nach Schmerzen, die er in den Theilen des Beines, die ihm abgenommen worden waren, fühlte. Die Sache erklärt sich einfach. Von den

Nerven des Stumpfes gingen Erregungen aus, die zum Centralorgane fortgepflanzt und nach dem Gesetze der excentrischen Erscheinung nach wie vor an die früheren, peripherischen Enden eben dieser durchschnittenen Nerven versetzt wurden. In derselben Weise erklären sich die Schmerzen, die frisch Amputirte sehr häufig eben in den Zehen, im Riste, im Fusse u. s. w. einer unteren Extremität fühlen, die ihnen vor kurzer Zeit abgesetzt worden ist. Aehnliche Beobachtungen sind auch bei Neubildungen von Nasen aus der Stirnhaut gemacht worden. Man hat gefunden, dass, wenn aus der Stirnhaut eine Nase frisch gebildet war, und ihre Empfindlichkeit geprüft wurde, während sie noch durch die Hautbrücke mit der Stirnhaut in Verbindung stand, sie sich empfindlich zeigte, aber so, dass der Ort der Reizung falsch angegeben wurde. Es wurde angegeben, es fände die Berührung an der Stirne statt. Dann, nachdem die Brücke durchschnitten war, zeigte sich die Nase einige Zeit unempfindlich. Aber später stellte sich nach und nach wieder Empfindlichkeit her, nun aber mit dem richtigen Ortsgefühle, offenbar indem von Nerven, welche früher zu der fehlenden Nase geführt hatten, sich wieder solche neu in die neue Nase hineingebildet hatten, und auf diese Weise sich die Empfindlichkeit am wahren Orte wiederherstellte.

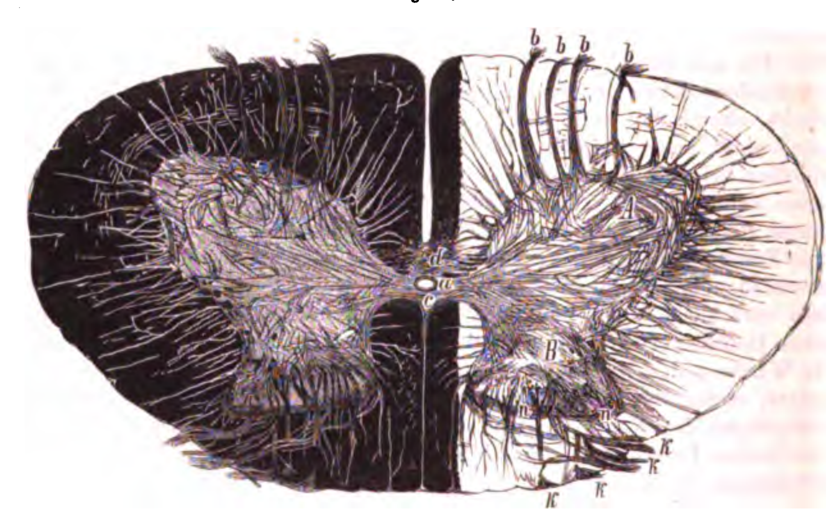
Die sensiblen Nerven können ebenso wie die motorischen durch sehr verschiedene Reize in Action versetzt werden, durch electrische, thermische, chemische, mechanische. Es lässt sich aber die Wirkung jener Reize nicht unter ähnlichen allgemeinen Gesichtspunkten betrachten, wie wir dies bei den motorischen Nerven gethan haben, indem die verschiedenen empfindenden Nerven sich gegen chemische, thermische und electrische Reize ganz verschieden verhalten, und durch einen und denselben Reiz Empfindungen und Vorstellungen ganz verschiedener Kategorien von verschiedenen Nerven erzeugt werden. So werden durch chemische Reize ganz verschiedene Empfindungen in den Geschmacksnerven, in gewöhnlichen Gefühlsnerven und endlich wieder in Geruchsnerven hervorgerufen. Die Wirkung des Reizes, welchen die strahlende Wärme ausübt, ist eine andere, wenn diese Strahlen einerseits die Hautnerven, andererseits die Endigungen des Nervus opticus in der Retina treffen. Auch über die electrischen Reize kann man in Rücksicht auf centripetalleitende Nerven keineswegs so allgemeine Aussagen machen, wie wir dies bei den motorischen Nerven gethan haben. Es erzeugt zwar im Allgemeinen das Schliessen und Oeffnen einer constanten Kette stärkere Erregungen, als der ruhende Strom, aber der constante Strom bringt, während er durchfliesst, auch Erregungen hervor, welche dann aber wieder verschieden sind, je nach der Natur der sensiblen Nerven, welche er durchfliesst. Es ist dies das Gesetz der specifischen Energien, wie wir es mit Johannes Müller nennen, dass ein und derselbe Reiz ganz verschiedene Empfindungen hervorbringt, je nach der Natur des Nerven, welchen er trifft; einmal eine Gesichtsempfindung, ein zweites Mal eine Tastempfindung, das dritte Mal eine Gehörsempfindung u. s. w. und dass andererseits jede einzelne Art von empfindenden Nerven, wenn sie erregt wird, immer zu einer ganz bestimmten Kategorie von Empfindungen und Vorstellungen Veranlassung gibt, gleichviel welcher Art der Reiz war, durch den die Erregung hervorgerufen wurde. So repräsen-

tiren alle Erregungen des Opticus nur Gesichtsempfindungen, alle Erregungen des Acusticus nur Gehörsempfindungen, alle Erregungen des Olfactorius nur Geruchsempfindungen u. s. w.

Rückenmark und Gehirn.

Nachdem wir uns bis jetzt mit den peripherischen Bahnen der Nerven beschäftigt haben, wollen wir in unseren Betrachtungen zum Centralorgane übergehen. Das Centralorgan baut sich zunächst durch das Rückenmark und dessen oberstes Ende, durch welches es mit dem Gehirne in Verbindung steht, auf. Dies letztere Stück bezeichnen wir mit dem etwas seltsamen Namen des verlängerten Markes, der Medulla oblongata. Hier aber ist noch nicht das wahre Ende, indem sich ein Theil des Gehirns, wesentlich die Region, die den Aquaeductus Sylvii umgibt, durch die Analogie der darin vorkommenden Gebilde als directe Fortsetzung des Rückenmarks erweist. Dazu treten grosse neue Massen, welche zunächst aus den Hemisphären des grossen Gehirns und denen des kleinen Gehirns bestehen.

Fig. 11.



Als analoge Gebilde schliessen sich die Oliven der Medulla oblongata an. Ihr Bau erweist sie gleichfalls als Hemisphärenbildungen, die nur wegen ihrer Kleinheit nicht auf den ersten Anblick als solche erkannt werden.

Wenn wir das Rückenmark quer durchschneiden, so sehen wir, dass die Rinde desselben weiss gefärbt ist, dass sich aber in der Mitte eine Figur befindet, welche bald mehr an ein römisches X, bald mehr an ein Paar ausgebreitete Schmetterlingsflügel (siehe Figur 11*) erinnert, die sich grauröthlich und dunkel gegen die umgebende weisse Substanz absetzt. Diese beiden Substanzen finden wir bei Querschnitten durch das ganze

*) Fig. 11 nach Stilling.

Rückenmark immer, nur dass sich je nach der Höhe, in welcher wir durchschneiden, die Form dieser inneren grauen Substanz ändert. Die äussere Substanz besteht der Hauptmasse nach aus den markhaltigen Längsfasern des Rückenmarks, und sie ist weiss vermöge der Menge des Lichtes, das von dem Marke der Nervenscheiden reflectirt wird. Die graue Substanz besteht aus Nervenzellen, dann aus Fasern, die aber vorherrschend marklose sind, nackte Axencylinder, aus Blutgefässen, und endlich aus einem Gewebe, welches wir mit Kölliker mit dem Namen des Stützgewebes bezeichnet haben.

Da, wo sich die beiden symmetrischen Hälften des Rückenmarks aneinanderschliessen, befindet sich in der Mitte ein Canal, der vom Calamus scriptorius anfängt und durch das ganze Rückenmark hindurchgeht, mit Flimmerepithel ausgekleidet ist und den Namen Canalis centralis medullae spinalis (Fig. 11 *a*) führt. Vor und hinter dem Canale gehen zahlreiche Fasern von einer Hälfte des Rückenmarks zur andern hinüber. Die Fasern, die hinter dem Canal von einer Hälfte der grauen Substanz zur andern Hälfte derselben hinübergehen, sind wesentlich marklose, und man bezeichnet sie deshalb als die hintere oder graue Commissur des Rückenmarks (Fig. 11 *c*), während vorn, abgesehen von vielen marklosen, auch eine grosse Menge von markhaltigen Fasern von einer Seite zur andern geht. Man bezeichnet deshalb diese vordere Commissur (Fig. 11 *d*) auch als die weisse Commissur. Man sieht also, dass die beiden Hälften des Rückenmarks durch die vordere und die hintere Medianfurche nicht ganz von einander getrennt sind, sondern dass Fasern hinüber oder herüber gehen. Das ist aber nicht die einzige Faserverbindung, die zwischen den beiden Rückenmarkshälften existirt. Wenn man in der vorderen Medianfurche nach aufwärts geht, so kann man in dem Bindegewebe, welches die beiden Hälften der weissen Substanz von einander trennt, verhältnissmässig tief eindringen. Geht man aber immer höher hinauf und nähert man sich dem Calamus scriptorius, so kommt man, ehe man auf das Niveau desselben gelangt, an eine Stelle, wo man nur ganz oberflächlich in die vordere Medianfurche eindringen kann und diese Stelle beträgt etwa 6 bis 7 Millimeter. Wenn man diese Stelle näher untersucht, so findet man, dass hier dicke, mit freiem Auge sichtbare Stränge von dem einen vorderen Strang des Rückenmarks in den andern sich hineinflechten, dass sie an dieser Stelle, die man mit dem Namen der Decussation der Pyramiden bezeichnet, wie die Stränge einer Haarflechte übereinander liegen, und dann nach aussen und rückwärts absteigend, in den Seitenstrang des Rückenmarks übergehen. Hiermit hängt es einerseits zusammen, dass Lähmungen, die vom Gehirn ausgehen, wie man sich ausdrückt, gekreuzt sind, d. h. dass die gelähmte Körperseite nicht der kranken, sondern der gesunden Hirnseite entspricht, und andererseits, dass, wie von Woroschiloff in Ludwig's Laboratorium durch zahlreiche Versuche experimentell dargethan ist, die Seitenstränge des Rückenmarks, die man schon seit langer Zeit als motorisch kannte, die Hauptmasse der vom Gehirn kommenden motorischen Bahnen nach abwärts führen.

Wir haben also gesehen, dass das Rückenmark sowohl nach vorn als nach hinten jederseits eine starke Ausladung seiner grauen Substanz hat. Auf dem Querschnitte bezeichnen wir die beiden vorderen Ausladungen als die vorderen Hörner der grauen Substanz (Fig. 11 *A*) und die beiden

hinteren Ausladungen als die hinteren Hörner der grauen Substanz (Fig. 11 *B*). Nun ist es aber klar, dass diese Hörner nichts weiter sind als Querschnitte von hervorragenden Leisten, und dass man also die graue Substanz als aus je zwei Säulen bestehend ansehen kann, die jederseits an einander gedrückt worden sind, so dass sie noch mit ihren convexen Flächen hervorragen, und die dann wieder gegen die Mitte durch eine Brücke in Verbindung gesetzt sind. Deshalb bezeichnet man diese Theile des Rückenmarks als die vorderen grauen Colonnen, und als die hinteren grauen Colonnen und sagt, die motorischen Nerven (Fig. 11 *b*, *b*, *b*) entspringen aus den vorderen Colonnen, weil man in denselben auf Querschnitten zahlreiche Ganglienkugeln findet, aus welchen Nervenfasern entspringen, die man in die vorderen Wurzeln hinein verfolgen kann. Wir haben früher gesehen, dass man die Fortsätze der multipolaren Ganglienkugeln in Nervenfaserfortsätze eintheilt und in Protoplasmafortsätze. Letzteren Namen hatte Deiters für die verzweigten Fortsätze eingeführt, jedoch ohne deren nervöse Natur in Abrede zu stellen. Von jeder dieser Ganglienkugeln, die in den vorderen Hörnern liegen, sieht man einen Nervenfaserfortsatz gegen die vordere Wurzel hin abgehen. Diese Ganglienkugeln sind verhältnissmässig gross, haben zahlreiche Fortsätze, sind sehr unregelmässig von Gestalt, namentlich sehr entfernt von der Kugelgestalt. Manchmal sind sie sehr lang ausgezogen. Sie haben einen Kern und Kernkörperchen. Nach den Untersuchungen von Gerlach sind die Ganglienzellen, welche Fasern zu den vorderen Wurzeln geben, keineswegs auf die eigentlichen vorderen Hörner oder die vorderen grauen Colonnen beschränkt, sondern es liegen auch nach aussen und selbst etwas nach hinten vom Centralcanale ähnliche Ganglienzellen, die gleichfalls Fortsätze zu den vorderen Wurzeln senden. Dagegen kennt man nicht mit Sicherheit Fasern, welche vom Gehirne herabkommen und direct in die vorderen Wurzeln der Rückenmarksnerven übergehen. Es scheint also, dass die Communication zwischen dem Gehirn und zwischen den vorderen Wurzeln, die Communication zwischen den Bahnen für die Willensimpulse und den von ihnen abhängigen motorischen Nerven immer mittelbar durch Ganglienzellen stattfinde.

Weniger gut als die Ursprünge der vorderen Wurzeln kennen wir die centralen Verbindungen der hinteren (Fig. 11 *k*, *k*, *k*, *k*). Mauthner konnte Fasern der hinteren Wurzeln im Rückenmarke des Hechtes zu Ganglienkugeln verfolgen, welche im oberen Theile des Rückenmarks zu beiden Seiten des Centralcanals lagen und sich in ihrem Aussehen wesentlich von denen unterschieden, aus welchen die motorischen Wurzeln ihren Ursprung nahmen. Diese Ganglienzellen hatten einen Kern, der den Eindruck eines kugelrunden Bläschens machte, der sich beim Imbibiren mit Karmin immer weniger färbte als das Protoplasma der Zelle, während bei den Ganglienzellen, aus welchen die motorischen Wurzeln ihren Ursprung nahmen, die Kerne den Eindruck einer compacten Masse machten, die sich stärker als das Protoplasma der Zelle färbte. In diesem bläschenartigen Gebilde lag ein Kernkörperchen, das sich mit Karmin wieder stärker färbte. Auch die Herde, aus denen sensible Hirnnerven hervorgehen, schienen dafür zu sprechen, dass dort dergleichen Verbindungen mit solchen Ganglienkugeln stattfinden.

In neuerer Zeit hat aber Gerlach andere, von den bisherigen ganz abweichende Ansichten über die centralen Verbindungen der sensiblen Nerven veröffentlicht. Wenn die sensiblen Nerven in das Rückenmark eingetreten sind, so durchsetzen sie grösstentheils, ohne sich darin zu vertheilen, die Substantia gelatinosa Rolandi (Fig. 11 *n*, *n*). Diese ist eine ihrer Structur nach eigenthümliche und ihrer physiologischen Bedeutung nach vollkommen räthselhafte Substanz, welche räumlich angesehen, einen Beleg auf den Convexitäten der hinteren grauen Colonnen bildet. Diese Substanz durchsetzt, wie gesagt, der grösste Theil der Wurzelfasern, ohne sich darin zu vertheilen und ein anderer Theil durchsetzt die weisse Substanz, die Substantia gelatinosa nach innen zu im Bogen umgreifend, und wenn die Wurzelfasern so in der grauen Substanz, im engeren Sinne des Wortes, angekommen sind, so zertheilen sie sich darin, nach Gerlach, sämmtlich so, dass sie zuletzt in ein feines Netzwerk von Fasern übergehen, welches die ganze graue Substanz durchzieht. An diesem Netzwerke von Fasern sollen sich auch die sogenannten Protoplasmafortsätze (siehe oben S. 45) der Ganglienzellen, die in der grauen Substanz liegen, betheiligen und endlich sollen aus diesem Fasernnetze Nervenfasern hervorgehen, die nach aufwärts gegen das Gehirn hin ziehen. Man sieht leicht ein, dass für Gerlach dieses Fasernetz die Summe aller centralen Verbindungen zwischen den sensiblen und den motorischen Nerven einerseits und zwischen dem Gehirne und den sensiblen Nerven andererseits enthält. Zu dieser Ansicht ist Gerlach zuerst durch Präparate gelangt, die er nach einer ihm eigenthümlichen Methode mit Goldchlorid behandelt hatte, und er fand sie später durch Zerzupfung von dünnen Schnitten bestätigt, die in chromsaurem Ammoniak gehärtet und dann mit carminsaurem Ammoniak gefärbt waren.

Wir haben gesehen, dass das Rückenmark eine vordere Medianfurche hat, den sogenannten Sulcus longitudinalis anterior, dem gegenüber nach rückwärts eine Linie liegt, der sogenannte Sulcus longitudinalis posterior. An den beiden so gebildeten Seitenhälften des Rückenmarks kann man noch jederseits eine Linie unterscheiden, auf der sich die vorderen Wurzeln sammeln und zu Tage treten, und diese nennt man den Sulcus collateralis anterior, und dann jederseits eine Linie, auf welcher die hinteren Wurzeln sich sammeln und zu Tage treten, und diese nennt man den Sulcus collateralis posterior. Wenn man sich nun einerseits das Rückenmark von der einen Medianfurche zur andern getrennt denkt, und denkt sich andererseits, man machte Durchschnitte jederseits vom Sulcus collateralis anterior zum Centralcanale und ferner vom Sulcus collateralis posterior zum Centralcanale, so würde man in jeder der Rückenmarkshälften wieder drei Abtheilungen erhalten. Diese hat man als Stränge des Rückenmarks bezeichnet und hat somit im Rückenmarke, zunächst in der weissen Substanz, sechs Stränge unterschieden, zwei Vorder-, zwei Hinter- und zwei Seitenstränge. Diese Stränge sind aber eine Fiction, indem sie keineswegs durch eine bestimmte Grenze von einander getrennt sind. Wenn alle Nervenwurzelfasern genau in einer Ebene übereinander das Rückenmark durchsetzen würden, so würde dadurch eine Scheidung zwischen Vorder-, Seiten- und Hintersträngen zu Stande kommen können. Das ist aber durchaus nicht der Fall, sondern die Wurzeln verlaufen in der Tiefe zerstreut, sammeln sich erst unter der Oberfläche und treten erst im Sulcus collateralis anterior und

Sulcus collateralis posterior in geradliniger Reihe heraus. Man hat also zwischen den centralen Bahnen der vorderen und hinteren Nervenwurzeln, Partien des Rückenmarks, die man nicht mit vollem Rechte zu den Vorder- oder Hintersträngen, aber auch nicht zu den Seitensträngen rechnen kann. Wenn man von Vorder-, Hinter- und Seitensträngen spricht, so hat man damit Regionen des Rückenmarks, aber durchaus nicht scharf begrenzte Abtheilungen desselben bezeichnet.

Wenn man das Rückenmark nach aufwärts verfolgt, so öffnet sich seine hintere Seite im Calamus scriptorius und dadurch entsteht der sogenannte Sinus rhomboidalis, der vierte Ventrikel. Diejenigen Partien, die im Rückenmarke hintere sind, werden in der Medulla oblongata äussere Partien, und diejenigen, die im Rückenmarke vordere sind, die Vorderstränge mit der zu ihnen gehörenden grauen Substanz, liegen in der Medulla oblongata zu beiden Seiten der Mittelebene, stellen also innere, der Axe näher gelegene Theile dar. Nachdem die Oliven und die Hemisphären des kleinen Gehirns gebildet sind, schliesst sich der Sinus rhomboidalis nach oben wieder, und es entsteht dadurch ein geschlossener Canal, die Fortsetzung des Canalis centralis medullae spinalis, der den Namen des Aquaeductus Sylvii führt. Um diesen herum befinden sich diejenigen Theile, die als directe Fortsetzung des Rückenmarks im Gehirne zu betrachten sind, und dazu treten dann die Theile des Grosshirns im engeren Sinne des Wortes.

Wir haben also gesehen, dass das Rückenmark keineswegs blos aus Strängen von Fasern besteht, die Impulse zum Gehirn oder vom Gehirn leiten und als Nerven von dem Stamme des Rückenmarks abgehen, wie die Aeste sich von einem Baume abzweigen, sondern dass das Rückenmark selbst ein wesentlicher Theil des Centralorgans ist und dass die graue Substanz mit ihren Nervenursprüngen und ihren centralen Verbindungen sich von oben nach abwärts im Rückenmarke erstreckt. Damit hängt es auch zusammen, dass nicht etwa das Rückenmark, indem es mehr und mehr Nerven abgibt, von oben nach abwärts immer dünner wird, sondern dass es da anschwillt, wo es starke und zahlreiche Nerven abzugeben hat, dass es sich dann wieder verdünnt, ein zweites Mal anschwillt, wenn es wieder grosse Nervenmassen abzugeben hat und sich dann schliesslich wieder verdünnt. Diese beiden Anschwellungen sind bekanntlich die Anschwellungen, aus denen die Nerven für die oberen und unteren Extremitäten hervorgehen. Bei denjenigen Thieren, bei welchen die Extremitäten verkümmert sind, z. B. bei den Schlangen und den fusslosen Eidechsen existiren auch diese Anschwellungen im Rückenmarke nicht.

Im ganzen Rückenmarke und in denjenigen Theilen des Gehirns, welche als Fortsetzung des Rückenmarks erscheinen, bis in's Mesencephalon hinauf, werden Reflexe übertragen. Die Hemisphären des grossen Gehirns sind hiebei ganz unnöthig. Ja, ein Theil der Reflexbewegungen, diejenigen, deren Reflexherde weiter nach unten liegen, können noch ausgelöst werden, wenn nicht nur das Gehirn, sondern auch die Medulla oblongata und selbst der oberste Theil des Rückenmarks entfernt wurde.

Wenn ich einen Frosch im Schultergürtel durchschneide, so gibt das untere Stück noch Reflexbewegungen, ja noch ziemlich complicirte. Ich tauche seine Zehenspitzen in schwefelsäurehaltiges Wasser und er

zieht sofort das Bein an sich mit ähnlicher Bewegung, wie es ein unversehrter Frosch thun würde. Ich kann noch weiter schneiden und damit noch andere tiefer gelegene Theile des Rückenmarkes entfernen, und noch immer hebt er die Pfote heraus. Bei einem weiteren Schnitte hört dies auf. Derselbe ist in den Reflexherd gefallen und hat denselben theils zerstört, theils von den Beinen getrennt. Es finden unregelmässige zitternde Zuckungen in den ganzen Beinen statt, aber sie werden nicht mehr aus der verdünnten Schwefelsäure herausgehoben.

Wenn man einem Frosche nur das Gehirn weggenommen hat, so löst er noch eine Reihe sehr complicirter Reflexbewegungen aus, die den Charakter der Zweckmässigkeit an sich tragen. Wenn ich einem solchen Frosche etwas Schwefelsäure auf das Bein tupfe, so zieht er nicht blos das Bein sofort zurück, sondern er wischt auch mit dem andern Beine die Schwefelsäure ab. Dergleichen Versuche lassen sich vielfältig variiren, wie dies namentlich Pflüger in sinnreicher Weise gethan hat. Wenn man z. B. den Schwanz einer enthaupteten Eidechse an eine Kerzenflamme heranbringt, so findet die Reizung auf der Seite der Kerzenflamme statt; man müsste also zunächst glauben, dass die Reflexbewegung auf derselben Seite ausgelöst würde, und somit die enthauptete Eidechse den Schwanz in die Flamme hinein bewegen würde. Dies geschieht aber nicht, sondern sie wendet stets mit grosser Geschicklichkeit den Schwanz aus der Flamme. Auf diese Weise hat Pflüger eine grosse Menge von Versuchen an Fröschen, Eidechsen und anderen Amphibien angestellt und immer gefunden, dass die Reflexbewegungen im hohen Grade den Charakter der Zweckmässigkeit an sich trugen, ja, dass sie den Charakter von etwas Praemeditirtem, von etwas wohl Ueberlegtem hatten, und er ist deshalb zu dem Schlusse gekommen, dass bei diesen niederen Wirbelthieren das Bewusstsein nicht nur im Gehirne, sondern auch im Rückenmarke seinen Sitz habe. Man pflegt diese Theorie wohl als die Lehre von der Rückenmarksseele zu bezeichnen.

Man muss indessen mit der Beurtheilung der Erscheinungen, wie wir sie hier vor uns haben, vorsichtig sein. Man muss sich zunächst sagen, dass Reflexbewegungen in denjenigen Bahnen leichter ablaufen, in welchen sie schon oft abgelaufen sind. Nun ist es sicher, dass ein Frosch, wenn er irgendwo von einem Reiz betroffen worden, immer gesucht hat, sich dieses Reizes aufs zweckmässigste zu erwehren, und dass er deshalb auf den Reiz hin Bewegungen gemacht hat, wie er sie jetzt, nachdem er enthauptet wurde, ausführt. Es ist sicher, dass, wenn ein schmerzhafter Reiz auf die eine Seite eines Eidechsenschwanzes eingewirkt, die Eidechse niemals den Schwanz gegen das schmerzerregende Agens hin, sondern immer weggewendet hat, dass also voraussichtlich diese selbe Bewegung schon öfter abgelaufen ist und deshalb nach dem Enthaupten leichter ablaufen wird, als die Bewegung in entgegengesetzter Richtung. Es ist aber noch weiter zu bedenken, ob nicht möglicherweise auch dergleichen, wenn ich mich so ausdrücken soll, ausgelaufene Bahnen von Reflexbewegungen sich von Individuum auf Individuum forterben können, ja, dass sie in dem Individuum als ein für alle Mal vorhanden, als prästabilirt angesehen werden können. Endlich muss man sich noch sagen, dass es ja ein blosser Anthroposophismus ist, bei zweckmässigen Handlungen und Bewegungen immer ein Bewusstsein vorauszusetzen.

Das thuen wir, weil unsere Handlungen sämmtlich bewusste Handlungen sind. Es ist aber durchaus nicht der Beweis geliefert, dass Zweckmässigkeit immer ein Bewusstsein voraussetze, und dass es keine zweckmässigen Handlungen geben könne, ohne dass dieselben zum Bewusstsein gelangen. Der eigentliche Beweis für das Vorhandensein eines Bewusstseins kann niemals durch die blos anscheinende oder wirkliche Zweckmässigkeit der Bewegungen, die ausgeführt werden, oder durch die Zweckmässigkeit der Veränderungen, die an einem Thiere vor sich gehen, geliefert werden. Den aus der Analogie geschöpften Vermuthungen stehen andere Thatsachen gegenüber, welche es nicht wohl zulassen, auch im Rückenmarke ein individuelles Bewusstsein anzunehmen.

Wir versetzen also das Bewusstsein und die Intelligenz ausschliesslich in das Gehirn, und in Rücksicht auf den Menschen und die höheren Wirbelthiere herrscht darüber unbedingte Einstimmigkeit. Es fragt sich nun, welches sind die Gründe, die wir dafür anführen können. Wir wissen zunächst, dass das Bewusstsein schwindet, wenn das Blut nicht in gehöriger Weise durchs Gehirn circulirt. Wir wissen, dass bei Ohnmächtigen, denen das Bewusstsein geschwunden, dieses oft in kürzester Zeit zurückkehrt, sobald der Kopf niedrig genug gelegt wird, damit das Blut mit grösserer Leichtigkeit durch dass Gehirn circuliren kann. Wir wissen ferner, dass Zerstörungen, Druck u. s. w., wenigstens wenn sie beide Hemisphären des grossen Gehirns betreffen, Verlust des Bewusstseins und also auch der Intelligenz nach sich ziehen. Wir finden endlich drittens, dass da, wo beide Hemisphären atrophirt sind, bedeutend unter ihrem normalen Maasse stehen, als unausbleibliche Folge sich Idiotismus einstellt, wie wir dies bei dem sporadischen und auch an gewissen Orten bei endemisch vorkommendem Idiotismus sehen. Wir können ferner mit Leichtigkeit bemerken, dass, wenn wir von den niederen Wirbelthieren zu den höheren und endlich zum Menschen aufsteigen, wir in dem Baue des Gehirns eine fortwährende Progression, eine weitere Entwickelung beobachten und zwar in der Weise, dass die Gehirne der Embryonen aller Wirbelthiere sich im hohen Grade ähnlich sehen, dass aber je höher das Thier in der Entwickelungsreihe steht, sich später das Gehirn um so weiter von dem embryonalen Zustande entfernt. Das Gehirn der Fische und nackten Amphibien ist dem embryonalen am meisten ähnlich, während das Gehirn des Menschen am meisten davon entfernt ist.

Es fragt sich weiter, wie sollen wir aus dieser progressiven Gehirnentwickelung einen Maassstab über den Grad der Intelligenz, über die Stufe, auf welche ein Thier zu stellen sei, entnehmen. Es ist klar, dass wir dabei nicht das absolute Gewicht des Gehirns als Maassstab nehmen dürfen. Wir können aber auch nicht das relative Gewicht des Gehirns im Vergleiche zum Körpergewichte nehmen: darnach müsste einzelnen höchst bevorzugten Thieren, ein niedriger Grad von Intelligenz zuerkannt werden. Besonders auffallend wäre dies in Rücksicht auf den Elephanten, bei dem ein sehr kleiner Bruch als relatives Gewicht des Gehirns zum Körpergewichte resultiren würde, während er doch unter allen Thieren, die wir kennen, bei weitem das intelligenteste ist. Er handelt in einer Weise selbstständig, wie kein anderes Thier. Man kann es ihm überlassen, ein Boot zu laden, wobei er alle Sachen so hineinlegt, dass nichts davon nass wird. Er ladet auch das Boot wieder selbst-

ständig ab. Der Elephant kann dazu benützt werden, ein Geschütz durchs Gebirge zu schaffen. Kommt er dabei an eine Stelle, wo er merkt, dass er in der gewöhnlichen Weise nicht weiter könne, zieht er sich von selbst aus dem Geschirre, bringt seine Stosszähne unter das Geschütz und schafft es wo möglich über den Widerstand hinweg.

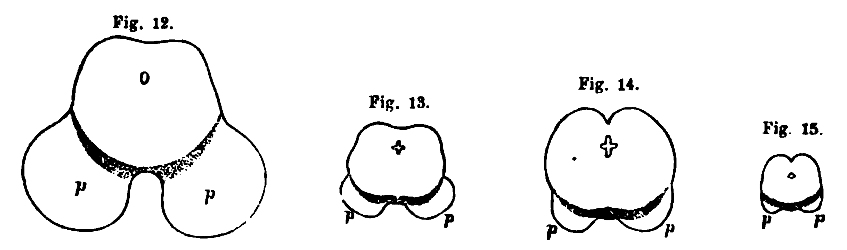
Man hat ferner vorgeschlagen, nicht das Gewicht des Gehirns, sondern die Oberfläche der Hemisphären zu berücksichtigen, d. h. die Grösse der Oberfläche, die man erhalten würde, wenn man sich alle Gyri ausgeplättet denkt, die Oberfläche der entwickelten Hemisphären, wie man sich früher ausdrückte. Diese Anschauung hat in allerneuester Zeit, namentlich durch die Untersuchungen von Professor Meynert, einen theoretischen Hintergrund erhalten, indem Meynert's Untersuchungen es mehr als wahrscheinlich gemacht haben, dass die Fläche der grauen Gehirnrinde gewissermassen ein grosses Projectionsfeld ist, auf welches die Eindrücke hingebracht werden, dort in eine Menge Wechselbeziehungen treten und wieder auf centrifugalleitende Bahnen übergehen können, um Bewegungen auszulösen. Es ist dieser Vorgang ein wesentlich verschiedener von dem der Reflexbewegungen, welche wie wir gesehen haben, im Rückenmarke und in den Theilen des Gehirns, die eine Fortsetzung desselben darstellen, ausgelöst werden. Bei den Reflexbewegungen geht der centripetale Impuls zu einer Gruppe von Ganglienzellen und wird auf andere Ganglienzellen übertragen, von denen motorische Nerven entstehen. Das Ganze kann ablaufen, ohne dass davon etwas zum Bewusstsein gelangt, ohne dass dabei ein oder mehrere bewusste Zwischenglieder zwischen der centripetal fortgepflanzten Ursache und der centrifugal fortgeleiteten Wirkung entstehen. Anders verhält es sich aber bei den früher erwähnten Vorgängen in der grauen Gehirnrinde, indem immer eine oder mehrere bewusste Zwischenglieder entstehen, die einerseits die Ursache andererseits die Wirkung mit einander verbinden.

Im Einzelnen lässt sich aber doch dieses Messen der Hirnoberfläche, das blosse Messen des Areals ohne Berücksichtigung der Beschaffenheit der Hirnrinde, nicht durchführen. Es haben gewisse Thiere, namentlich die Wiederkäuer, die als dumm und ungelehrig bekannt sind, verhältnissmässig zahlreiche und tiefe Gyri, so dass sie durch ihre Hirnoberfläche, wenn man nach derselben die Intelligenz bemessen sollte, höher gestellt werden müssten, als es ihnen in der That zukommt,

Den besten Maassstab zur Beurtheilung der Intelligenz eines Thieres hat Johannes Müller angegeben. Er sagt nämlich, wenn man die Stellung eines Thieres beurtheilen will, so muss man die Hemisphären desselben mit dem Corpus quadrigeminum vergleichen. Beim Frosche liegen die Hemisphären des grossen Gehirns, die Corpora quadrigemina und die Medulla oblongata mit nur schwach angedeutetem kleinen Gehirne, hintereinander. Die Corpora quadrigemina sind dabei die massigsten Gebilde des ganzen Centralorgans. Vergleichen wir damit das Gehirn einer Schildkröte, Emys europaea, so finden wir die Hemisphären schon mehr entwickelt, ihre hintere Partie erstreckt sich schon zu beiden Seiten der Corpora quadrigemina, so dass diese zum Theil zwischen sie eingeschoben sind, auch das kleine Gehirn ist bereits mehr entwickelt. Beim Huhne reichen die Hemisphären des grossen Gehirns schon bis an das kleine Gehirn und bedecken theilweise das Corpus quadrigeminum. Beim

Hunde geschieht dies vollständig. Das Corpus quadrigeminum ist hier bereits ein verhältnissmässig kleines in der Tiefe verborgenes Gebilde. Aber die Hemisphären des grossen Gehirns und kleines Gehirn liegen hier noch hintereinander, so dass sie in der Scheitelansicht des Hirns beide gleichzeitig gesehen werden. Beim Menschen endlich haben die Hemisphären des grossen Gehirns auch das Kleinhirn vollständig überwachsen, so dass man in der Scheitelansicht nur sie und nichts mehr vom Kleinhirne sieht.

Mit diesen Verhältnissen hängen, wie Meynert gezeigt hat, gegewisse andere Eigenthümlichkeiten des Säugethiergehirns gegenüber dem Menschengehirne zusammen. Bekanntlich unterscheidet man an der Masse der Grosshirnschenkel eine obere Partie, welche in directer Verbindung mit den Sehhügeln und den Vierhügeln, dem Mesencephalon, steht, und die man mit dem Namen der Haube des Grosshirnschenkels bezeichnet und eine untere Partie von Fasern, welche darunter weggeht und sich in die Hemisphären des grossen Gehirns ausbreitet. Man bezeichnet sie mit dem Namen des Fusses der Grosshirnschenkel. Je grösser die Hemisphären im Vergleiche zu den Corpora quadrigemina sind, um so grösser muss auch die Masse des Fusses des Hirnschenkels gegenüber der Haube ausfallen, und daher kommen die verschiedenartigen Querschnitte, welche hier das Menschengehirn und das Gehirn von Säugethieren, namentlich niedrig stehenden, zeigt. Macht man durch ein Menschengehirn in der Höhe des Vierhügels einen Durchschnitt und



einen eben solchen bei einem Säugethiere, so findet man beim Vergleiche dieser Durchschnitte, dass beim Menschen die Masse des Fusses über die der Haube prävalirt, während beim Säugethiere das Umgekehrte stattfindet.

Figur 12 zeigt einen Durchschnitt durch die hinteren zwei Hügel vom erwachsenen Menschen nach Meynert, *pp* stellt darin die Masse des Fusses der Grosshirnschenkel dar, begrenzt nach oben durch die Substantia nigra. Figur 13 zeigt einen analogen Schnitt von Cercopithecus griseo-viridis. Figur 14 einen solchen vom Haushunde. Figur 15 einen solchen vom Meerschweinchen. An diesen, den Gehirnen von Thieren entnommenen Durchschnitten ist die Region, welche Meynert als Analogon der Substantia nigra des Menschen betrachtet, gleichfalls durch Punktirung kenntlich gemacht.

Wenn wir die Brücke betrachten, so sehen wir den Fuss des Hirnschenkels in dieselbe eingehen. Die Entwickelung der Brücke ist also auch wesentlich von der Entwickelung des Fusses des Gehirnschenkels abhängig. Je massenhafter der Fuss des Hirnschenkels ist, um so höher ist auch die Brücke. Die Pyramiden endlich sind eine Fort-

setzung der Fasern des Fusses des Hirnschenkels: sie sind also um so stärker, je grösser die Masse des Hirnschenkels, also auch je massenhafter die Hemisphären sind. Beim Menschen drängen sie deshalb die Oliven nach den Seiten hin, indem sich ihre Masse in der Mitte entwickelt. Bei den Säugethieren dagegen sind sie dünner, so dass die Oliven hinter den Pyramiden liegen, und da sie schmäler sind, so kommt jederseits von den darunter liegenden Querfasern noch eine Partie zum Vorschein, der man den Namen des Corpus trapezoides gegeben.

Es fragt sich nun weiter, welche Veränderungen bei Thieren eintreten, wenn man die Hemisphären des grossen Gehirns, im engeren Sinne des Wortes, abträgt? Niedere Wirbelthiere sind zu Beobachtungen hierüber wenig geeignet, da sich bei ihnen der Verlust des Gehirns zu wenig in äusseren Erscheinungen ausprägt. Ein enthirnter Frosch verhält sich, wie wir schon gesehen haben, Reizen und Eindrücken gegenüber, einem unversehrten sehr ähnlich. Erwachsene Säugethiere sind zu diesen Versuchen auch nicht geeignet, weil sie zu rasch zu Grunde gehen. Junge Säugethiere ertragen die Operation besser, aber sie überleben sie doch nur einige Stunden. Dagegen kann man die Hemisphären des Grosshirns junger Vögel, Hühner, Tauben, abtragen und sie dann noch unbestimmte Zeit am Leben erhalten.

Die erste auffallende Erscheinung, die man bei der Operation wahrnimmt, ist die, dass die Thiere zwar Schmerz äussern, so lange man in den weichen und harten Schädeldecken schneidet, dass sie aber beim Einstechen in das Gehirn, ja bei der schichtweisen Abtragung der grossen Hemisphären sich vollkommen ruhig verhalten. Wenn das Huhn sich von der Operation einigermassen erholt hat, so ist es doch, namentlich in der ersten Zeit, schlafsüchtiger als ein Huhn, welches im Besitze seiner Hemisphären ist. Es sitzt den grössten Theil des Tages ruhig da, den Kopf unter einen Flügel gesteckt. Wenn es aufgeschreckt wird, läuft es umher, aber sein Gang hat, namentlich in der ersten Zeit, etwas unbeholfenes und es weicht Hindernissen nicht in der Weise aus, wie ein normales Huhn. Steht ihm ein Hinderniss im Wege, so rennt es ganz nahe an dasselbe heran, macht eine plötzliche Wendung, um ihm auszuweichen. Anfangs muss den Thieren das Futter eingestopft werden, wenn sie am Leben erhalten werden sollen; später aber kann man sie dahin bringen, dass sie wieder selbst fressen, wenn sie dies auch nicht mit solcher Geschicklichkeit thun, wie andere Thiere. Man muss ihnen das Futter immer sehr reichlich hinwerfen, dann stossen sie dazwischen herum und bringen soviel in sich hinein, als zu ihrer Ernährung nothwendig ist.

Auffallend ist die Herabsetzung der moralischen Eigenschaften eines solchen Thieres. Es verliert seine Initiative. Während es keine Zeichen von Furcht gibt, mangelt ihm andererseits das, was wir Muth und Entschlossenheit nennen. Es mangelt ihm z. B. der Entschluss, auch von einer ganz mässigen Höhe herabzuflattern. Ein normales Huhn würde sich nicht wie ein Falke, auf der Hand herumtragen lassen, es würde sofort herabfliegen. Das operirte Huhn aber bleibt ruhig sitzen, und wenn man es reizt, kneipt, bewegt es sich hin und her, schlägt mit den Flügeln und kommt, nachdem es endlich heruntergeflattert, in unbeholfener Weise zu Boden.

Wie verhält es sich mit dem Bewusstsein und den Sinneswahrnehmungen eines solchen Thieres? Fragen wir zunächst, empfindet ein solches Thier Schmerz? Wenn man das Huhn kneipt, fängt es an zu flattern und sucht zu entfliehen. Man hat auch enthirnte Thiere zum schreien gebracht. Man hat daraus geschlossen, dass sie Schmerz empfinden. Man sieht aber leicht ein, dass dies durch die Erscheinungen nicht bewiesen wird. Denn diese können ebensogut als Reflexbewegungen ausgelöst worden sein, und zwar nicht nur das Schlagen mit den Flügeln, sondern auch das Schreien, ohne dass Schmerz zum Bewusstsein kömmt. Longet beruft sich auf die Kläglichkeit, mit der die Thiere schreien. Dies ist aber offenbar ein Missverständniss, denn die grössere oder geringere Kläglichkeit des Schreiens hängt nur von der Art und der Energie der Reflexbewegungen, die ausgelöst werden, ab. Wenn wir einen Menschen kläglich schreien hören, dann wissen wir allerdings, dass er bedeutende Schmerzen habe, denn ein Reiz, der im Stande ist, eine derartige Reflexbewegung auszulösen, wird ihm sicher auch einen heftigen Schmerz verursachen. Beim Thiere, das keine Hemisphären hat, kann sehr wohl dieselbe Reflexbewegung ausgelöst werden, während möglicher Weise von der Empfindung gar nichts zum Bewusstsein gelangt. Denselben Maassstab müssen wir bei der Beantwortung der Frage anlegen, ob das Thier sieht. Es ist sicher, dass die Pupille auf Lichtreize noch reagirt. Wir werden später sehen, dass dies ganz natürlich ist, weil der Reflexherd zwischen Opticus und Oculimotorius im Mesencephalon liegt, und wir dem Thiere nur die Hemisphären des Grosshirns genommen haben. Das Thier folgt nach Longet's Versuchen den Bewegungen einer brennenden Kerze, die man im Dunkeln vor seinen Augen bewegt, und hieraus hat man geschlossen, dass das Thier sehe. Nach der Ausdehnung aber, die wir an den Reflexacten kennen, können wir diese Bewegungen auch als einen blossen Reflexact ansehen. Wir wissen daraus keineswegs, ob das Thier eine wirkliche, bewusste Gesichtsempfindung habe.

Ebenso verhält es sich mit den Gehörsempfindungen. Das Thier schrickt bei einem plötzlichen Geräusche zusammen, dies ist aber wieder als ein blosser Reflexact zu erklären. Ich glaube ferner, an jungen Hühnern, die schon seit längerer Zeit operirt waren, und die ich wieder an freiwillige Nahrungseinnahme zu gewöhnen suchte, bisweilen bemerkt zu haben, dass das Thier leichter nach dem Futter zu stossen, leichter zu fressen begann, wenn ihm die Körner mit Geräusch vorgeworfen wurden, als dann, wenn man ihm das Futter leise hinschob. Man könnte das als Folge einer bewussten Gehörsempfindung ansehen. Man muss sich aber sagen, dass es auch hier nicht festgestellt ist, dass dem Thiere etwas von den Zwischengliedern, die hier zwischen der Gehörsempfindung und dem Aufpicken der Körner lagen, zum Bewusstsein kommt, sondern dass sich nur eine natürliche Kette von der Ursache zur Wirkung zwischen diesen beiden Erscheinungen hergestellt hat. Die Geruchsempfindung ist nach allen gut angestellten Versuchen vollständig verloren gegangen. Magendie fand freilich, dass die Thiere noch zurückwichen, wenn ihnen Essigsäure oder Aetzammoniak vorgehalten wurde. Diese wirken aber nicht blos auf den Olfactorius, sondern auch auf den Trigeminus, indem sie sehr heftige Gefühlsempfindungen und Reflexe

vom letzteren aus auslösen. Wenn also das Thier sich davon abwendete, so beweist dies nicht, dass ihm noch Empfindungen vom Olfactorius zukamen. Ueber Geschmacksempfindungen existiren keine Versuche, die ein sicheres Resultat ergeben haben. Auf die Bewegungen äussert die Abtragung der Hemisphären des Grossgehirns je nach der Art des Thieres einen verschiedenen Einfluss. Wir haben Frösche ohne Hemisphären des Grossgehirns sich ebenso bewegen gesehen, wie andere. Wir haben beim Huhne Aehnliches gesehen. Menschen dagegen werden oft in Folge verhältnissmässig unbedeutender Verletzungen einer Hemisphäre hemiplectisch und zwar stets so, dass die gelähmte Seite diejenige ist, auf welcher sich die gesunde Hemisphäre befindet. Es ist schwer allgemein zu sagen, die Zerstörung welcher Theile der Hemisphäre hemiplectisch macht, weil am Lebenden die Wirkung von Verwundungen und Degenerationen sich nicht auf denjenigen Punkt beschränkt, an welchem man nach dem Tode ihre Spuren findet. Nach Meynert macht Zerstörung des Linsenkerns immer und unter allen Umständen hemiplectisch, und wir werden später sehen, dass dies nicht nur in Meynert's aus anatomischen Thatsachen geschöpften Anschauungen und in seinen Leichenbefunden, sondern auch in den von Nothnagel an Thieren angestellten Versuchen seine Begründung findet.

Die Intelligenz, von der wir gesehen haben, dass sie herabgedrückt ist, wenn beide Hemisphären verkümmert sind, kann merkwürdigerweise erhalten sein, wenn auch eine Hemisphäre in hohem Grade verkümmert ist.

In einem Pariser Krankenhause befand sich, nach der Erzählung Longet's, eine Kranke, die dort lange Zeit verpflegt war und dem ganzen Personale als sehr intelligent bekannt war. Sie war unvollkommen gelähmt an der linken Seite und bei ihrem Tode fand man die rechte Hemisphäre nur halb so gross als die linke. In einem anderen Krankenhause starb Vaquerie, ein Mensch von gewöhnlicher Intelligenz, er war hemiplectisch von Geburt an gewesen. Die rechte Hemisphäre fehlte, wie es im Obductionsberichte heisst, und der Raum war mit Flüssigkeit ausgefüllt. Ein sehr merkwürdiger Fall ist in Dalmatien von Dr. Kratter beobachtet worden. Ein Morlack aus dem Narenta-Districte, Ivan Mussulin, erhielt in einem Raufhandel einen Schlag mit einem Steine auf das Scheitelbein. Er stürzte nieder, stand aber wieder auf und erholte sich so schnell, dass er nach zwei Stunden auf die Prätur ging und selbst seine Klage einbrachte. Er wurde verbunden und befand sich zwanzig Tage lang ziemlich wohl, so dass er seinen gewöhnlichen Hantierungen und auch dem Boccespiele nachging. Er war immer guter Laune und vollkommen bei sich. Am 21. Tage ging er noch mit hinaus zum Boccespiele, fühlte sich aber nicht wohl und wollte nicht mitspielen, äusserte indess noch seine Meinung über die Art und Weise, wie die Kugeln fielen. Er war also zu dieser Zeit noch im Besitze seiner Intelligenz. Beim Nachhausegehen stürzte er nieder mit dem Ausrufe: „Es ist mir übel“ und war in wenigen Minuten todt. Nach achtzehn Stunden wurde die Obduction von Dr. Kratter gemacht. Sie ergab, dass die Lamina vitrea des Scheitelbeines sternförmig zersplittert und die Splitter durch die Dura mater eingedrungen waren. Die ganze linke Hemisphäre war nach Dr. Kratter's mündlicher Mit-

theilung in eine eiterige mit Blutstreifen durchzogene Masse verwandelt, in der graue Flocken von Gehirnsubstanz schwammen.

Auch die Folgen und die Tödtlichkeit der Gehirnverletzungen werden meistens in hohem Grade überschätzt. Der alte Anatom Carpi zog einem Knaben einen Nagel aus der Stirn heraus, der drei Querfinger tief eingedrungen war. Nichtsdestoweniger behielt derselbe seine Intelligenz. Er wurde vollkommen geheilt und gelangte, wie erzählt wird, später noch zu hohen Würden. Ein anderer merkwürdiger Fall ist in neuerer Zeit von einem amerikanischen Arzte, Dr. Halsted, im medicinischen Journal von Boston beschrieben worden. Ein siebzehnjähriger, kräftiger Jüngling wurde durch einen Theil seiner Flinte, der absprang, an der Stirne getroffen. Derselbe durchbohrte das Stirnbein und drang $4\frac{1}{2}$ Zoll weit in die Gehirnhemisphäre vor. Nach der Verwundung verlor der junge Mann keineswegs das Bewusstsein. Er sank nur auf Hände und Knie nieder und hörte durch einige Zeit einen anhaltenden Ton. Nach wenigen Augenblicken hatte er sich bereits wieder so weit erholt, dass er im Stande war aufzustehen, das Eisen aus der Stirne zu ziehen und sich das Blut abzuwischen. Hierauf hielt er sein Gesicht längere Zeit in einen Teich und hatte endlich noch Kraft genug, sein Pferd zu besteigen und bis zu dem nächsten, eine englische Meile entfernten Hause zu reiten, wo er halb bewusstlos ankam. Die eingedrungenen Knochensplitter wurden extrahirt, die Wunde vernäht und nach $2\frac{1}{2}$ Monaten war der Kranke wieder völlig hergestellt.

Den allerauffälligsten Fall theilt Longet (nach Quesnay: Remarques sur les plaies de cerveau) mit. Einem jungen italienischen Lakaien von 15 bis 16 Jahren fiel ein Stein auf den Kopf, schlug ihm ein Scheitelbein ein, so dass beim ersten Verbande ein Theil der hervorgequollenen Gehirnsubstanz abgetragen werden musste, was sich später bei Erneuerung desselben noch wiederholte. Am 18. Tage fiel er aus dem Bette, und dabei trat wieder Gehirnsubstanz heraus, die abgetragen werden musste. Am 35. Tage betrank er sich, riss den Verband und mit der Hand die hervorgequollene Gehirnsubstanz weg. Der behandelnde Arzt bemerkt, dass der Theil, welcher in der Wunde vorlag, schon nahe am Corpus callosum sein musste. Dennoch kam der junge Mensch mit dem Leben davon. Er blieb hemiplectisch, behielt aber seine Intelligenz.

Ueberhaupt ist bei theilweiser Zerstörung einer Hemisphäre keineswegs die gewöhnlichste Folge Verlust der Intelligenz, sondern Hemiplegie und epileptische Anfälle. Epileptische Anfälle bringt Meynert mit Degenerationen im Ammonshorne in Zusammenhang.

Auch fremde Körper können im Gehirne einheilen und lange Zeit darin aufbewahrt werden. Th. Simon fand in der linken Grosshirnhemisphäre einer 79jährigen Frau eine stellenweise incrustirte Nadel, welche mit ihrer Spitze bis unter das Ependym des linken Seitenventrikels reichte. Er hält es für höchst wahrscheinlich, dass diese Nadel ihr in frühester Kindheit in den Schädel gestossen worden sei.

Früher hatte man vergebens gesucht, die Beziehungen der Hemisphären des grossen Gehirns zu den willkürlichen Bewegungen auf experimentellem Wege näher zu erforschen. Dies ist erst in neuerer Zeit Fritsch und Hitzig gelungen und zwar dadurch, dass sie an Hunden,

denen sie das Gehirn blosslegten, bestimmte Orte des vorderen Theiles desselben mit schwachen electrischen Strömen reizten. Sie setzten dabei die Electroden sehr nahe neben einander, in der Regel nur 2 bis 3 Millimeter von einander entfernt auf das Gehirn und bewirkten die Schliessung und Oeffnung mittelst des Schlüssels von du Bois, der in den Stromkreis eingeschaltet war.

Sie fanden dabei zunächst am meisten nach vorn ein Centrum für die Nackenmuskeln (△), d. h. wenn sie (siehe Figur 16) an dieser Stelle reizten, bekamen sie Bewegungen in den Nackenmuskeln. Eine zweite Stelle (+) fanden sie für die Dreher und Beuger des Vorderbeins. Eine dritte (+) für die Extensoren und Abductoren des Vorderbeins. Sie sehen also, dass hier für verschiedene Muskelgruppen des Vorderbeins in den Hemisphären des Grosshirns die Centren ganz nahe nebeneinander liegen. Ausserdem fanden sie ein Centrum (#) durch dessen Reizung sie Bewegungen des Hinterbeins auslösen konnten. Und endlich noch ein Centrum (o-o,), in welchem sie Bewegungen in den Muskeln, die vom Nervus facialis versorgt wurden, auslösen konnten. Sie haben ausführlich gezeigt, dass ihre Resultate nicht etwa von Stromschleifen herrühren, die in die Tiefe gegangen wären und direct Nervenursprünge gereizt hätten, das heisst Nervenursprünge im gewöhnlichen Sinne, Ursprünge aus Nervenzellen, die den grossen Nervenzellen der vorderen grauen Colonnen des Rückenmarks entsprechen. Es ist dies übrigens schon aus der Verschiedenheit der Erfolge ersichtlich, die sie durch Reizung der verschiedenen von ihnen bezeichneten Stellen erhielten. In neueren Untersuchungen hat Hitzig auch ein Centrum für die geraden Augenmuskeln gefunden, das mit dem Facialiscentrum zusammenfällt und zwar mit dem mehr medianwärts gelegenen Theile desselben, von dem aus die Muskeln der oberen Gesichtshälfte erregt werden. Er fand ferner im Bereiche des Hinterlappens eine Stelle, deren Reizung Verengerung der Pupille der anderen Seite, deren Exstirpation Blindheit auf der anderen Seite hervorbrachte. Es ist lehrreich, diese Angabe mit der früherer Autoren zusammen zu halten, welche glaubten bemerkt zu haben, dass Thiere, denen die ganzen Hemisphären abgetragen sind, noch sehen. Ich habe indessen schon früher darauf hingewiesen, wie unsicher der Schluss war, durch den sie zu dieser Ansicht gelangten. Offenbar liefen vom Opticus aus noch die Erregungen ab, für die der Hirnstamm genügte, aber die, welche ihren Weg durch

Fig. 16.



die Hemisphären nehmen mussten, gingen verloren und mit ihnen die bewusste Vorstellung. Es fragt sich nun, was geschieht, wenn z. B. das Centrum für die Muskeln des Vorderbeines ausgeschnitten wird. — Dann tritt keine vollständige Lähmung des Vorderbeines der anderen Seite ein, sondern es wird noch bewegt und zwar beim Laufen ähnlich wie das andere, nur mit weniger Sicherheit; aber das Thier hat keine klare Vorstellung mehr von der Lage desselben. Wenn man das Vorderbein der nicht gelähmten Seite in irgend eine ungewöhnliche und unbequeme Lage bringt, so setzt der Hund das Bein in die gewöhnliche Lage. Wenn man dies dagegen mit dem anderen Vorderbeine that, so liess es der Hund darin, und erst bei einer zufälligen Bewegung wurde es später wieder in eine gewöhnliche Lage zurückgebracht. Ganz ähnliche Erfahrungen hat Nothnagel an Kaninchen gemacht, nachdem er die der Stelle (+ +) entsprechende Partie durch Injection von concentrirter Chromsäure zerstört hatte. Merkwürdig ist es, dass in seinen Versuchen die Störung nur wenige Tage dauerte, während sie bei Hitzig's Versuch noch nach 28 Tagen bestand. Die durch Chromsäure zerstörte Partie konnte nicht wieder functionsfähig geworden sein. Es musste sich also auf einem anderen Wege ein Rapport zwischen Empfindung und Bewegung hergestellt haben. Die Wechselwirkung zwischen beiden findet ja auch im normalen Zustande nicht stets auf dieselbe Weise statt. Wir stellen uns vor, dass die Bewegung unserer Glieder auf zweierlei Weise regulirt wird: erstens durch reflectorische Vorgänge, bei welchen von der Kette der Ursachen und Wirkungen, welche abläuft, nichts zum Bewusstsein kommt, und zweitens durch bestimmte willkürliche Impulse, bei welchen die Glieder absichtlich hierhin und dorthin bewegt werden, und das würden die Bewegungen sein, die hier ganz an der Oberfläche des Gehirns, in dem grossen Projectionsfelde, um mit Meynert zu reden, vermittelt und ausgelöst werden.

Es haben diese Versuche einigermassen einen Schlüssel zu einer anderen räthselhaften Erscheinung gegeben, die man vor längerer Zeit beobachtet hat, nämlich der Erscheinung der Aphasie. Man hatte beobachtet, dass manche Individuen nach plötzlichen Anfällen oder auch bei allmälig fortschreitenden Erkrankungen in einen Zustand kommen, bei dem sie zwar ihr Bewusstsein haben, bei welchem auch ihre Zunge nicht geradezu gelähmt ist, da sie sie noch bewegen, in dem sie aber doch nicht sprechen können. Wenn sie etwas sagen wollen, bringen sie es nicht heraus, gibt man ihnen aber ein Papier, so können sie es aufschreiben. Bouillaud und nach ihm andere Aerzte haben beobachtet, dass diese sogenannte Aphasie im Zusammenhange mit Störungen, namentlich mit linkseitigen, im Vordertheile des Grossgehirns vorkommt, und nach Meynert ist es ausser dem der Sylvi'schen Grube anliegenden Theile des Stirnhirns, die Insel und die Vormauer deren Degeneration Aphasie nach sich zieht. Wenn man das in derselben Weise betrachtet, wie diese Bewegungserscheinungen, so kann man sich sagen: Die Zunge des Menschen ist nicht gelähmt, er hat auch im Allgemeinen noch seinen Verstand, aber es fehlen ihm die Mittelglieder, zwischen seinen Vorstellungen und zwischen den Sprachbewegungen. Er kann die mit seinen Vorstellungen verknüpften Impulse nicht auf diejenigen Nervenbahnen übertragen, welche eben die Zunge in die entsprechenden Bewegungen versetzen können,

und darin ist dieser an und für sich so räthselhafte und seltsame Zustand der Aphasie begründet.

Man hat als einen wesentlichen Einwand gegen die Deutung der Hitzig'schen Reizversuche angeführt, dass man dieselben Bewegungen noch erhalte, wenn man das bezügliche Stück der Hirnrinde ausschneidet und den Grund der Wunde reizt. Ich sehe nicht ein, wie so? Man reizt dann die Fasern, welche in radialer Richtung von der Hirnrinde ausgehen. Man braucht nur anzunehmen, dass es hier wie bei den centrifugalleitenden peripheren Nerven für die Qualität des Erfolges gleichgiltig ist, ob man sie an ihrem Ursprunge oder in ihrem Verlaufe reizt.

Nothnagel hat an der Aussenseite der grossen Hemisphäre und ein wenig weiter nach vorn als das Centrum (+̇ +) beim Kaninchen eine Stelle gefunden, deren Zerstörung mittelst Chromsäure das Thier unvollkommen hemiplectisch macht. Die Hemiplegie zeigt sich, wie bei allen centralen Lähmungen an den Gliedern der unverletzten Seite. Hatte Nothnagel diese Stelle auf beiden Seiten zerstört, so sass das Thier regungslos da und liess seine Glieder widerstandslos in die verschiedensten Lagen bringen. Wenn es gekniffen wurde, wackelte es bei seinen Versuchen zu entfliehen haltungslos hin und her. Aehnliche Erscheinungen sah Nothnagel, nachdem er Chromsäureherde in der weissen Markmasse der Hemisphären, namentlich im hinteren Theile derselben, in der Nachbarschaft des Cornu ammonis angelegt hatte. Endlich hat Nothnagel nahe der hinteren Spitze der Hemisphäre und innerhalb derselben einen Punkt gefunden, dessen Verwundung überaus heftige Sprungbewegungen auslöst. Dieselben dauern einige Minuten und lassen dann nach. Sie sind offenbar Folge der Reizung, nicht Folge der Zerstörung eines Gebildes.

Ueber den Fornix und das Corpus callosum wissen wir nichts Sicheres. Letzteres ist von Lapeyronie für den Sitz der Seele erklärt worden. Es muss bemerkt werden, dass ausgedehnte Degenerationen im Corpus callosum gefunden worden sind, ohne dass während des Lebens überhaupt etwas wahrgenommen wurde, das auf diese Degenerationen hätte bezogen werden können. Eine ganze Abtheilung von Säugethieren, die Beutelthiere, haben bekanntlich gar kein solches Corpus callosum, wie es dem Menschen zukommt.

Gehen wir zu den sogenannten Grosshirnganglien über. Als solche bezeichnet man den Sehhügel und das Corpus striatum in der weiteren Bedeutung des Wortes. Letzteres zerfällt wieder in den Linsenkern und in das Corpus striatum im engeren Sinne des Wortes, den sogenannten Nucleus caudatus, den in den Ventrikel hineinragenden oberen und inneren Theil. Zwischen beiden liegt die sogenannte Capsula interna mit dem Fusse der Strahlenkrone Reil's, mächtigen Bündeln markhaltiger Fasern, welche von den Hirnschenkeln aus sich fächerförmig ausbreitend durch die Hemisphären gegen die Gehirnrinde hinziehen.

Wenn Nothnagel beide Linsenkerne mittelst Chromsäure zerstört hatte, so sassen die Thiere stundenlang absolut regungslos da, wenn sie in den Schwanz gekneipt wurden, machten sie einen Sprung, um dann eben so regungslos wie früher zu bleiben. Auch zum Fressen waren sie nicht zu bringen. Selbst wenn man ihnen eine Rübe zwischen die Zähne steckte, knapperten sie nicht daran. Es scheinen alle von

Meynert als psychomotorische bezeichneten Bahnen durch den Linsenkern zu gehen, das heisst alle Bahnen, die der Auslösung von willkürlichen Muskelbewegungen dienen. Dass ein Kaninchen noch aufrecht dasitzt, nachdem ihm beide Linsenkerne zerstört sind, und selbst fortspringt, wenn es gekneipt wird, während der Mensch bei einem Bluterguss in den Linsenkern hemiplectisch umfällt, ist nicht wunderbar, denn erstens muss der Mensch bei seiner aufrechten Stellung viel mehr im Vollbesitze seiner Herrschaft über die Muskeln sein, um sich stehend zu erhalten, als das auf den Bauch und vier Beine gestützte Kaninchen, und zweitens sind die Ortsbewegungen beim Menschen mehr unter der Controle des Willens, weniger bedingt durch blos reflectorische oder automatische Wirkungen, das heisst durch Wirkungen, deren Kette nicht durch die Hirnrinde, sondern nur durch den Hirnstamm, theilweise sogar nur durch das Rückenmark läuft. Truthähne und Strausse rennen, obgleich sie, wie der Mensch, nur zwei Stützpunkte haben, bekanntlich noch eine Strecke fort, nachdem sie geköpft worden sind, indem sich die Ursachen für die nöthigen Muskelcontractionen noch eine Reihe von Malen in ihrem Rückenmarke reproduciren.

Der automatische Charakter der Ortsbewegungen zeigte sich beim Kaninchen noch in auffallender Weise in einem anderen Versuche, den Nothnagel angestellt hat. Im vorderen Theile des Streifenhügels im engeren Sinne, im Nucleus caudatus, liegt ziemlich oberflächlich eine Stelle, deren Verwundung, wie schon Magendie sah, heftige Laufbewegungen zur Folge hat, und die Nothnagel deshalb als Nodus cursorius bezeichnet. Nothnagel verwundete diese Stelle an Kaninchen, denen er vorher beide Linsenkerne mittelst Chromsäure zerstört hatte, und sah noch dieselben Laufbewegungen eintreten.

Die vom Hirnstamme kommenden sensiblen Bahnen scheinen zumeist zwischen Linsenkern und Nucleus caudatus, in der sogenannten Capsula interna als Strahlenkrone Reil's zur Hirnrinde zu ziehen, wenigstens ist dies das Resultat zu dem Veissier durch seine Erfahrungen geführt worden ist. Es ist hier der Ort, daran zu erinnern, dass ich schon mehrmals darauf aufmerksam gemacht habe, wie man sich bei Versuchen über das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein bewusster Empfindung nicht durch Reflexbewegungen täuschen lassen darf. Thiere, bei denen die erwähnten Bahnen durchschnitten sind und die auf Reize noch combinirte Bewegungen ausführen, sind deshalb noch keine Thiere, die empfinden.

Die Physiologie des Nucleus caudatus ist, abgesehen von dem bestimmten Erfolge, der auf Verletzung des Nodus cursorius eintritt, noch ziemlich dunkel. Nothnagel versuchte den Nucleus caudatus auf beiden Seiten mittelst der Nadel möglichst vollständig zu zerstören. Die auffallendste und constanteste Erscheinung war erhöhte Erregbarkeit gegen äussere Eindrücke, namentlich gegen Gesichts- und Gehörseindrücke und im Zusammenhange damit scheue Sprung- und Laufbewegungen.

Nicht weniger dunkel ist die Physiologie der Thalami optici. Die Effecte bei ihrer Verwundung fallen offenbar verschieden aus je nach der Verletzung der Sehhügelmasse im engeren Sinne des Wortes und je nach der Verletzung der den Sehhügel durchsetzenden Hirnschenkelbahnen. Oberflächliche Verwundungen bleiben oft ganz ohne sichtbaren

Erfolg. Bei tiefer greifenden Zerstörungen sind Ablenkung der Beine der gesunden Seite, namentlich des Vorderbeines, nach innen, grössere oder geringere Motilitätsstörungen auf der unverletzten Seite und anomale Stellung des Kopfes, auch der Wirbelsäule, beziehungsweise sogenannte Manègebewegungen nach der unverletzten Seite die am häufigsten beobachteten Erscheinungen. Wir werden von den letzteren noch bei der Verletzung der Grosshirnschenkel als solcher sprechen.

Das Mesencephalon mit seinen unter dem Namen der Corpora quadrigemina bekannten Hervorragungen ist für uns zunächst wichtig als Reflexcentrum für die Augenbewegungen und für die Veränderungen, welche die Pupille erleidet, einerseits indem der Sphincter pupillae reflectorisch vom Nervus opticus erregt wird, und andererseits indem sie mit den Augenmuskeln Mitbewegungen hat.

In Rücksicht auf die Bewegungen der Augen sind von Dr. E. Adamük aus Kasan im Laboratorium von Donders Versuche angestellt worden, deren Resultate ich hier mit dem Wortlaute des Verfassers mittheile: „Das Hauptergebniss dieser Versuche ist, dass beide Augen eine gemeinschaftliche motorische Innervation haben, welche von den vorderen Hügeln der Corpora quadrigemina ausgeht. Der rechte von diesen Hügeln regiert die Bewegungen der beiden Augen nach links und der linke die beider Augen nach rechts. Durch die Reizung der verschiedenen Punkte jedes Hügels kann man mannigfaltige Bewegungen hervorrufen, aber immer mit beiden Augen zu gleicher Zeit und in derselben Richtung. Wird länger gereizt, so dreht sich auch der Kopf nach derselben Seite wie die Augen. Wenn durch eine tiefe Incision die beiden Hügel getrennt sind, beschränkt sich die Bewegung nur auf die Seite der Reizung. Damit die Erscheinungen recht klar zu Tage treten, sollen die Augen vor der Reizung divergirend etwas nach unten stehen, wie sie sich im Ruhezustande leicht einzustellen pflegen. Dann stellen sich bei Reizung in der Mitte des vorderen Theiles der genannten Hügel, das ist bei der Commissura posterior, die Augen sogleich mit parallel gerichteten Axen ein. Wird die Reizung in der Mitte zwischen den vorderen Hügeln mehr nach hinten gemacht, so erfolgt Bewegung beider Augen nach oben, mit Erweiterung der Pupille. Diese Bewegung nach oben geht desto mehr in eine convergente über, je mehr nach hinten die Reizung stattfindet. Wenn wir den hinteren unteren Theil der vorderen Hügel reizen, so bekommen wir starke Convergenz mit Neigung nach unten. In noch stärkerem Grade bekommt man diese letzte Bewegung, wenn der Boden des Aquaeductus Sylvii gereizt wird (Anfang des Nervus oculomotorius). Jede Bewegung nach innen und unten ist mit Verengerung der Pupille verbunden. Die Reizung der freien Oberfläche eines jeden Hügels gibt die Bewegung beider Augen nach der entgegengesetzten Seite, und dabei, es möge links oder rechts gereizt sein, um so mehr nach oben, je mehr wir nach innen, nach unten dagegen, je mehr wir nach aussen und unten reizen. Bei allen diesen Bewegungen bleibt die Pupille unverändert. Die Innervation der Bewegungen nach unten mit der Medianebene parallelen Axen hat wahrscheinlich ihren Sitz an der Basis der Hügel. Eine solche Bewegung konnte ich aber nicht hervorrufen, was vielleicht der Zerstörung durch die Schnitte, welche zur Aufsuchung der Basis gemacht werden, zugeschrieben werden muss. Die gleichzeitige

Reizung der beiden vorderen Hügel rief Bewegungen der Augen hervor, wie sie bei Nystagmus beobachtet werden. Aus diesen Beobachtungen geht hervor, dass beide Augen in Betreff der Bewegungen ein untheilbares Ganzes darstellen, so dass man Gelegenheit hat zu sehen, wie Hering's Ausdruck „Doppelauge" den Sachverhalt gut ausdrückt".

Schon vor viel längerer Zeit hat Flourens angegeben, dass einseitige Lähmung der Iris auftritt und auch einseitige Blindheit, und zwar wegen der Kreuzung der Sehnerven im Chiasma nervorum opticorum auf der anderen Seite, wenn das Corpus quadrigeminum auf der einen Seite zerstört wird, und diese Angabe ist auch von anderen späteren Beobachtern bestätigt worden. In neuester Zeit hat aber Knoll diesen Gegenstand wieder vorgenommen und ist zu etwas abweichenden Resultaten gekommen. Er fand, dass es nicht die eigentliche Substanz der Vierhügel im engeren Sinne des Wortes ist, deren Zerstörung diese Veränderung hervorbringt, sondern dass es nur die Verletzung des Tractus opticus ist. Man kann die Vierhügel zerstören, so weit man den Tractus opticus dabei nicht verletzt, tritt keine Lähmung der Iris und noch weniger Blindheit ein. Dagegen hat Knoll auf Reizung der Corpora quadrigemina Erweiterung der Pupille beider Seiten und am meisten der Pupille der Seite, an welcher gereizt wurde, beobachtet. Er leitet dies von Fortpflanzung der Reizung auf eine Region des Rückenmarks her, welche wir später kennen lernen werden als das Centrum derjenigen Nerven, die den Dilatator pupillae innerviren. Ich habe diese Erweiterung noch nicht mit Sicherheit gesehen, sondern nur die bereits von den älteren Physiologen beobachtete Verengerung.

Durchschneidung eines Grosshirnschenkels unmittelbar vor dem Pons lässt das Thier auf die andere Seite fallen, obgleich die Glieder dieser andern Seite noch Bewegungen machen können. Anschneiden des einen Hirnschenkels macht sogenannte Manègebewegungen, d. h. das Thier geht nicht gerade aus, sondern macht einen Bogen nach der gelähmten Seite hin, so dass die Convexität des Bogens an der Seite liegt, an der man den Hirnschenkel angeschnitten hat. Das ist davon abgeleitet worden, dass die Glieder der andern Seite dem Thiere nicht mehr in der gewöhnlichen Weise zu Gebote stehen, und dass es deshalb mit den Gliedern derselben hinter denen der Seite, an welcher die Verletzung stattgefunden hat, zurückbleibt, und somit ein Bogen entsteht, der gegen die Seite, an der man den Schnitt gemacht, convex und gegen die andere concav ist. Man kann aber nicht sagen, in wie weit hier nicht Wahnvorstellungen, gestörte Raumvorstellungen mitspielen.

Wir wollen hieran einige andere derartige Bewegungen anschliessen, welche man unter dem Namen der statischen Krämpfe kennt. Die Querfasern des Pons gehen bekanntlich in die Hemisphären des kleinen Gehirns über. Es sind dies die sogenannten Crura cerebelli ad pontem. Durchschneidet man an einer Seite in einiger Entfernung von der Mittellinie diese Querfasern des Pons, oder das Crus cerebelli ad pontem, so wird das Thier auf einer Seite mehr oder weniger vollständig gelähmt und rollt nach dieser Seite hin um seine Axe. Die Drehung erfolgt immer nach der gelähmten Seite, aber die gelähmte Seite ist, wenn man in den hinteren Theil des Pons oder des Crus cerebelli eingeschnitten hat,

die verwundete, wenn man dagegen in den vorderen Theil des Pons oder Crus cerebelli eingeschnitten hat, die entgegengesetzte. Auf oberflächliche Schnitte folgen statt den Rollbewegungen Manègebewegungen in demselben Sinne, indem das Thier dann noch im Stande ist, sich aufrecht zu erhalten und zu gehen.

Auch die Rollbewegungen hat man wie die Manègebewegungen lediglich aus der einseitigen Lähmung erklärt. Das Thier stürze um, stemme, um sich aufzurichten, die gesunden Glieder gegen den Boden, stosse sich dadurch aber, überschlage sich u. s. w. Es ist aber deshalb bedenklich, dergleichen Bewegungen nur aus völligen oder theilweisen Lähmungen zu erklären, weil man analoge Bewegungen an kranken Menschen kennt, bei denen von Lähmungen gar keine Spur vorhanden war, und bei welchen sich aufs deutlichste ein ganz anderer Grund dieser Zwangsbewegungen herausstellte und zwar eine unrichtige Vorstellung von der Relation ihres Körpers gegenüber den Aussendingen, so dass sie glaubten, sie müssten diese Bewegungen machen, um nicht hinzustürzen, Scheinbewegungen in ähnlicher Weise, wie sie beim Schwindel auftreten. Es kommt namentlich vor, dass ein Mensch bei Degeneration im Kleinhirn nach rückwärts läuft. Er ist dabei vollkommen bei Bewusstsein und gibt Rechenschaft, er müsse nach rückwärts laufen, weil er das Gefühl habe, er würde sonst nach rückwärts hinstürzen. Es kommt auch vor, dass solche Kranke in Folge ähnlicher Wahnvorstellungen nach vorwärts laufen. Sie müssen dies thun, weil sie das Gefühl haben, dass sie sonst vorüber fallen würden. Ich habe ferner einmal auf der Abtheilung des verstorbenen Professors Türk eine Kranke gesehen, die nach einem heftigen Schreck, den sie im Jahre 1848 erlitten, von statischen Krämpfen befallen wurde. Das Mädchen, das anscheinend ganz gesund im Bette lag, wälzte sich von Zeit zu Zeit mit dem Ausdrucke der Angst nach der einen Seite herüber: fragte man, warum sie das thue, so sagte sie, sie habe das Gefühl als ob das Bett aufgehoben und umgedreht würde, sie müsse sich also nach der andern Seite wälzen, um nicht aus dem Bette zu fallen.

Es ist also bei diesen Erscheinungen an den Menschen, die den Zwangsbewegungen bei den Thieren ganz analog sind, klar, dass diese sogenannten Zwangsbewegungen durch Wahnvorstellungen, durch unrichtige Vorstellungen über das Gleichgewicht und die Relation der Lage des Körpers zu den Aussendingen hervorgerufen werden. Es ist nun aber auch kaum einem Zweifel unterworfen, dass bei Thieren die Sache sich ganz ähnlich verhält. Man wird hiergegen vielleicht einwenden, dass ein Kaninchen, dem man beide Linsenkerne zerstört hat, noch läuft, wenn man ihm den Nodus cursorius verletzt, und dass wir es doch nach dem Früheren nicht wahrscheinlich finden können, dass ein solches Kaninchen noch von Wahnvorstellungen getrieben werde, da wie es scheint, die psychomotorischen Bahnen sämmtlich unterbrochen sind. Es handelt sich aber wesentlich um drei Dinge: erstens darum, dass beim Menschen erfahrungsmässig Wahnvorstellungen subjectiv als Ursache erscheinen von Bewegungen, welche man als statische Krämpfe bezeichnet hat, zweitens, dass es höchst wahrscheinlich ist, dass auch Thiere, wenn sie ähnliche Erscheinungen darbieten, von Wahnvorstellungen beherrscht werden, und endlich drittens, dass man da, wo wie im obigen

Beispiele, mit den Impulsen von der Hirnrinde her der Einfluss der Wahnvorstellungen mit Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden muss, man noch nicht berechtigt ist, sich ohne weiteres der Lähmungshypothese zuzuwenden. Es handelt sich allgemein genommen darum, dass eine Kette von Impulsen im Gehirn oder durchs Gehirn abläuft, und dass in ihr, nicht in der Lähmung, die oft gar nicht vorhanden ist, die wesentlichen Ursachen liegen für den anomalen Typus der Bewegungen. Es wird von dem Wege dieser Kette und von dem jeweiligen Zustande des Gehirns abhängen, ob Glieder derselben als Wahnvorstellungen zum Bewusstsein gelangen, die dann von solchen Individuen, welche Rechenschaft geben können, als Grund der Bewegungen anerkannt werden. Es gibt vielleicht Rollbewegungen, welche blos davon herrühren, dass die eine Seite gelähmt ist, und dass das Thier sich mit der anderen Seite aufrichten will. Aber alle Rollbewegungen kann man nicht so erklären, und auch alle Manègebewegungen lassen sich ausschliesslich aus dem unvollkommenen Gebrauche der einen Hälfte der Extremitäten erklären, denn man sieht manchmal aus der bleibend abnormen Stellung des Kopfes der Thiere und der Verdrehung der Augen, dass dieselben von Wahnvorstellungen beherrscht sind, in welchen sie die Lage ihres Körpers zu den Aussendingen nicht richtig beurtheilen.

In sehr interessanter Weise kann man solche Zustände bei Thieren verfolgen, denen man das Gehirn gar nicht verletzt, sondern blos einen oder den andern Bogengang des Gehörorgans.

Flourens machte vor einer langen Reihe von Jahren die Entdeckung, dass Tauben, denen ein Bogengang angeschnitten wird, anomale Stellungen annehmen und anomale Bewegungen ausführen. Ich will hier einen Auszug aus den Resultaten, die Flourens erhielt, mittheilen, wie ihn Professor Goltz in Pflüger's Archiv gegeben hat. Hier heisst es: „Wenn man bei einer Taube den am oberflächlichsten gelegenen horizontalen Bogengang durchschneidet, so macht das Thier unmittelbar darauf Bewegungen des Kopfes von rechts nach links und umgekehrt. Ueberlässt man hierauf das Thier sich selbst, so hören diese Bewegungen nach einiger Zeit auf. Sobald man aber denselben Bogengang auf der andern Seite auch durchtrennt, treten jene Bewegungen mit verstärkter Lebhaftigkeit auf. Setzt man die Taube auf den Boden, so dreht sie nicht blos den Kopf nach rechts und links, sondern häufig folgt auch der Rumpf derselben Richtung, so dass das Thier rechts oder links sich im Kreise herumdreht. Die geschilderten Bewegungen gehen fast unaufhörlich vor sich. Hat sich das Thier beruhigt, so beginnen die Bewegungen sofort wieder, wenn die Taube in irgend einer Weise erregt wird. Je heftiger das Thier gereizt wird, um so stürmischer werden die merkwürdigen Bewegungen. Durchschneidet man bei einer Taube einen der senkrecht gerichteten Bogengänge, so macht das Thier auch Bewegungen des Kopfes, aber diese gehen jetzt in einer andern Ebene vor sich, als bei dem vorhin beschriebenen Versuch. Ein Thier mit durchschnittenen senkrechten Bogengängen bewegt den Kopf fortwährend von oben nach unten, oder von unten nach oben. Dem entsprechend hat es die Neigung sich vorwärts oder rückwärts zu überkugeln. Aehnlich wie im früher erwähnten Falle werden auch hier die Bewegungen lebhafter, wenn man das Thier irgendwie beunruhigt. Durchtrennt man

mehr als einen Bogengang, so beobachtet man Störungen, welche sich zusammensetzen aus den verschiedenen Störungen nach Durchschneidung einzelner Bogengänge. Mögen nun die senkrechten oder wagrechten Bogengänge verwundet sein, immer verlieren die Thiere die Fähigkeit zu fliegen. Nur mit Mühe vermögen sie Nahrung selbstständig aufzunehmen. Sich selbst überlassen pflegen sie ungern den Standort zu wechseln. Machen sie eine freiwillige Fortbewegung, so wird die Erreichung eines Zieles durch jene sofort auftretenden Drehbewegungen des Kopfes und Rumpfes erschwert oder unmöglich gemacht. Man erhält dabei den Eindruck, als wenn die Thiere vom Schwindel ergriffen werden. Flourens hat verschiedene von ihm operirte Tauben Jahre lang am Leben erhalten, ohne dass sich in den räthselhaften Erscheinungen, die sie darboten, etwas geändert hätte. Die Drehungen des Kopfes treten übrigens erst dann ein, wenn man nach Durchtrennung der knöchernen auch die häutigen Bogengänge angeschnitten hat. Eine Verletzung, die sich auf die knöchernen, halbzirkelförmigen Kanäle beschränkt, führt die beschriebenen Störungen nicht nach sich. Wenn Flourens sich nicht damit begnügte, die Bogengänge zu durchschneiden, sondern grössere Stücke derselben ganz und gar zerstörte, so verloren die Thiere vollständig das Gleichgewicht, vermochten nicht einmal zu stehen, geschweige denn sich regelmässig fortzubewegen. Nach wilder Rollbewegung und Ueberkugelung gingen solche Thiere zu Grunde. Die beschriebenen räthselhaften Bewegungsstörungen liessen sich in ganz derselben Weise beobachten, wenn Flourens die Bogengänge bei Tauben verletzte, denen er einige Zeit vorher die Halbkugeln des grossen Gehirns fortgenommen hatte. Der Entdecker dieser wunderbaren Erscheinungen überzeugte sich ferner durch sorgfältige Prüfungen, dass Tauben mit verletzten Bogengängen fortwährend das Gehör behalten, während Thiere, bei denen man die Schnecken beschädigt, taub werden, ohne Bewegungsstörungen zu zeigen. Ausser an Tauben hat Flourens dieselben Versuche an vielen Vögeln der verschiedensten Arten mit demselben Erfolge wiederholt, und auch Kaninchen zeigten im Wesentlichen dieselben Störungen nach Verletzung der Bogengänge". Diese Angaben von Flourens sind bestätigt worden von Harless, Czermak, Brown-Séquard, Vulpian und Goltz. Goltz zeigte die in Rede stehenden Erscheinungen auf der Naturforscherversammlung zu Innsbruck und seitdem sind überall Tauben nach der Methode von Flourens operirt und hier in Wien von Breuer neue ausführliche Untersuchungen an solchen angestellt worden. Besonders interessant ist es, zu sehen, wenn die Thiere den Kopf in der Weise verdrehen, dass die untere Seite des Schnabels nach oben gewendet ist, bisweilen mit solcher Beharrlichkeit, dass wenn man ihnen Futter darbietet, sie dasselbe so aufnehmen, dass sie mit dem Kopfe verkehrt in das Futter hineingehen und die Körner erfassen. Wenn man übrigens solchen Thieren den Kopf eine Weile aufrecht erhält, so beruhigen sie sich, sie machen auch keine Anstrengungen den Kopf wieder in die alte Lage zurückzubringen. Man kann sie dann loslassen und sie halten den Kopf in seiner natürlichen Lage. Wenn sie aber gereizt werden, fangen sie an den Kopf wieder zu verdrehen, und haben sie dies gethan, so bleiben sie in dieser Lage, bis man sie wieder aufrichtet und beruhigt. Diese Erscheinung ist für uns von grosser

Wichtigkeit. Sie zeigt, dass wir es nicht mit Zwangsbewegungen im eigentlichsten Sinne des Wortes zu thun haben, mit Bewegungen, bei welchen durch unwillkürliche Muskelcontractionen der Kopf in eine andere Lage gebracht würde, denn diese Muskelcontractionen müssten gefühlt werden, wenn man dem Thiere den Kopf hält. Dies ist aber nicht der Fall. Sie halten den Kopf vollkommen ruhig. Man kann die Hand wegnehmen und der Kopf bleibt in seiner Lage. Das Thier wird also durch Wahnvorstellungen dahin gebracht, den Kopf in dieser Weise zu verdrehen. Dafür spricht auch der Umstand, dass es, sobald es beunruhigt wird, den richtig gestellten Kopf in die falsche Lage zurückzuführen pflegt.

Schon vor den neueren Untersuchungen über unseren Gegenstand führte der französische Arzt Menière, gestützt auf die Angaben von Flourens, gewisse Bewegungsanomalien, die mit starkem Schwindelgefühl einhergingen, auf Störungen in den Bogengängen und im Gebiete des Nervus vestibuli zurück. Seine Ansicht hat sich seitdem vollständig bestätigt und man nennt das Leiden nach ihm die Menière'sche Krankheit. S. Exner hat dieselbe auch mehrmals an Kaninchen beobachtet. Sie ging von einer Eiterung in der Trommelhöhle aus. Das Gehirn war in allen Fällen vollkommen gesund.

Flourens fand, wie oben erwähnt, dass die Thiere, denen er auf beiden Seiten die Schnecke und den Schneckennerven zerstörte, ausnahmslos taub wurden, dass aber Zerstörung des Nervus vestibuli nicht den gleichen Erfolg hatte, wie auch mit der Menière'schen Krankheit nicht nothwendig Taubheit desselben Ohres verbunden ist. Er zog daraus den richtigen Schluss, dass der sogenannte Nervus acusticus aus zwei ganz verschiedenen Nerven bestehe, und dass nur der Nervus cochleae Gehörnerve sei. Vom Nervus vestibuli sagte er, er repräsentire ein neues Hirnnervenpaar, das unsere Bewegungen regulire. Beim Menschen sind beide Nerven in ihrem Stamme nicht getrennt, wohl aber in ihrem Ursprunge, indem der Gehörnerv ausschliesslich aus der Medulla oblongata, theils als Stria acustica, theils aus dem Tuberculum laterale hervorgeht, während der Nervus vestibuli in seinem centralen Verlaufe zu einem Theile in die Medulla oblongata, zum anderen bis in das kleine Gehirn verfolgt ist. Beim Schafe sind, wie Horbaczewski in neuester Zeit gefunden hat, beide Nerven, die sich auch durch die Beschaffenheit ihrer Fasern unterscheiden, in ihrem ganzen Verlaufe vollständig von einander getrennt. Wir müssen also Flourens vollkommen beistimmen und können seine Angabe mit Breuer und Mach dahin erläutern, dass der Einfluss auf die Bewegungen dadurch geübt wird, dass der Nervus vestibuli uns unbewusst Sensationen zuführt über Beschleunigungen, die unserem Körper mitgetheilt werden, und über das Aufhören derselben. Der Nervus vestibuli hat auch in seinem Stamme eine Anhäufung von Ganglienzellen, ähnlich dem Wurzelganglion anderer sensibler Nerven. Es muss indessen bemerkt werden, dass uns solche Sensationen nicht ausschliesslich durch den Nervus vestibuli zukommen, sondern auch durch den Opticus und durch die sensiblen Nerven unserer Gliedmassen. Es ist bekannt, dass manche Rückenmarkskranke, bei denen die Sensibilität in den Beinen gesunken oder verloren gegangen ist, umfallen, wenn ihnen die Augen verbunden sind. Man muss aus dieser

Thatsache weiter den Schluss ziehen, dass die Sensationen, die vom Nervus vestibuli ausgehen, uns nicht so prompt zukommen, wie es für die Erhaltung des Gleichgewichts ohne andere Hülfsmittel nothwendig ist, wenn wir nicht annehmen wollen, dass durch die Krankheit auch schon die Functionsfähigkeit der Nervi vestibuli gelitten hat, oder dass der Kranke, wegen der Schwäche seines motorischen Systems mit Hülfsmitteln nicht ausreicht, die dem Gesunden genügen würden. Annahmen, die allerdings nicht von vorne herein ausgeschlossen werden können. Gewiss ist nur, dass für das Gleichgewichtsgefühl und die Sicherheit der Ortsbewegungen die Integrität der Nervi vestibuli und ihrer Endapparate nothwendig ist; denn, wie oben erwähnt, zeigten die Tauben von Flourens ihre anomalen Bewegungen noch nach Jahr und Tag, nachdem also alle Reizungserscheinungen längst geschwunden sein mussten und nur die gesetzte Zerstörung noch in Betracht kam.

Ueber das kleine Gehirn haben wir nur dürftige Kenntnisse. Eines ist ausser Zweifel, das kleine Gehirn steht in einem gewissen Zusammenhange mit der Coordination der Bewegungen. Wir haben gesehen, dass ein Huhn, dem man die Hemisphären des grossen Gehirns abgetragen hat, seine Bewegungen im Allgemeinen noch in ähnlicher Weise coordinirt, wie ein unverletztes, dass es auf Kneipen mit Reflexbewegungen antwortet, mit Versuchen zu entfliehen, die ganz so geordnet sind, wie sonst. Ganz anders aber verhält es sich, wenn man ihm das Kleinhirn weggenommen hat. Ein solches Thier stolpert, fällt hin, wenn es gereizt wird, schlägt mit den Flügeln, strampft mit den Beinen, macht eine Reihe unregelmässiger Bewegungen, die keineswegs den Charakter der Zweckmässigkeit haben, wie man sie an Thieren sieht, die noch im Besitze ihres Kleinhirns sind. Es ist wohl mehr als wahrscheinlich, dass das Coordinationscentrum im Kleinhirn im Zusammenhange steht mit der aus dem Kleinhirn kommenden Wurzel des Nervus vestibuli, und dass Erregungen des Nervus vestibuli auf dieses Centrum wirken. In wie weit aber bewusste Vorstellungen von Scheinbewegungen, wie sie z. B. beim Drehschwindel eintreten, Vorgängen im Kleinhirn, und in wie weit sie Vorgängen im Grosshirn entsprechen, ist unbekannt; jedenfalls ist letzteres mitbetheiligt, da es Gesichtsempfindungen sind, die in der Wirklichkeit nicht entsprechende Vorstellungen umgesetzt werden.

Zweitens hat man das kleine Gehirn mit den Geschlechtsfunctionen in Zusammenhang gebracht. Es sind einige pathologische Beobachtungen gemacht worden, die darauf hindeuten. Serres fand, dass bei apoplectischen Ergüssen ins Kleinhirn, speciell in den Wurm, Erection des Penis eintritt und er hielt dies für so constant, dass er Erection des Penis bei apoplectischen Anfällen für ein sicheres Kennzeichen davon hielt, dass der Erguss in den Wurm stattgefunden habe. Ferner beobachtete Larrey, der berühmte Chefchirurg der napoleonischen Armee, dass ein Soldat, dem in Egypten das kleine Gehirn verletzt worden war, sein Geschlechtsvermögen verlor und ihm die Hoden atrophisch wurden. Es hat sich indessen diese Theorie nicht halten lassen, wesentlich wegen einer Beobachtung, die in Paris im Hospice des orphelins gemacht wurde. Eine Kranke, eine gewisse Alexandrine Labrosse, die bis zu ihrem Ende der Onanie ergeben war, starb. Bei der Obduction wurde

kein Kleinhirn gefunden, sondern an Stelle desselben Flüssigkeit und eine gallertartige, halbzirkelförmige Membran.

Ich kann das Gehirn nicht verlassen, ohne der Setschenow'schen Theorie von dem grossen Hemmungscentrum zu erwähnen. Setschenow ist der Ansicht, dass sich in den unteren Theilen der Sehhügel, dann in den Corpora quadrigemina und zum Theil auch noch im obersten Ende der Medulla oblongata ein grosses Centrum befinde, von dem Hemmungsnerven ausgehen, welche die Auslösung von Reflexbewegungen erschweren, beziehungsweise hindern können. Die Versuche, welche er anstellte, um seine Lehre zu erweisen, sind folgende. Er macht einem Frosche zuerst einen Schnitt, durch den er die Hemisphären an ihrem hinteren Ende quer durchschneidet, so dass er den grössten Theil derselben abtrennt. Das hat nur den Zweck, dass das Thier keine willkürlichen Bewegungen in der Weise wie ein unversehrter Frosch mache. Ein solcher Frosch lässt die Beine herunterhängen. Nimmt man mit wenig Schwefelsäure angesäuertes Wasser (nur so dass es sauer schmeckt), und hängt die eine Pfote hinein, so zieht er sie nach einigen Secunden heraus. Die Zahl derselben notirt man. Dann schneidet man dem Frosche das Gehirn im oberen Theile der Medulla oblongata ab, und macht man jetzt denselben Versuch, so findet man, dass er dann nach kürzerer Zeit das Bein herauszieht, dass also die Reflexbewegung leichter ausgelöst wird. Man muss sich hier das Auslösen der Reflexbewegung in einer Weise denken, wie wir es später noch häufig kennen lernen werden, durch sogenannte Summirung der Reize: dadurch dass ein schwächerer Reiz längere Zeit einwirkt, summiren sich die Wirkungen, so dass endlich die Reflexbewegung ausgelöst wird. Wenn die Reflexbewegung leichter erfolgt, so ist die Zeit, welche zu ihrer Auslösung erforderlich ist, kürzer, weil die zu erzielende Reizsumme kleiner ist. Jetzt nimmt er einen anderen Frosch und macht diesem einen Schnitt zwischen die Sehhügel und Vierhügel und bringt Kochsalz auf die Schnittfläche. Vorher hatte er die Zeit notirt, nach der er nach Abtragung der Hemisphären das Bein herauszog. Dann findet er, dass er das Bein langsamer herauszieht, so dass die Zeit, in welcher sich die Reize summiren, grösser ist, als bei einem normalen Frosche. Er sagt: das eine Mal habe ich das ganze Hemmungscentrum vom Rückenmarke abgetrennt und deshalb ist die Reflexbewegung leichter erfolgt; das andere Mal habe ich das Hemmungscentrum durch Kochsalz chemisch gereizt, dadurch dasselbe erregt, es ist also die Reflexbewegung gehindert worden, der Reflex wurde später ausgelöst als unter normalen Verhältnissen.

Gegen diese Theorie wurden namentlich von Herzen viele Einwände gemacht. Herzen hat zuerst darauf aufmerksam gemacht, dass mechanische Reizungen der betreffenden Theile nicht dieselben Resultate gaben, wie der von Setschenow angewandte chemische Reiz. Dies gab letzterer auch später zu. Es war ferner von Herzen geltend gemacht worden, dass nicht blos locale Reizungen dieses sogenannten Hemmungscentrums, sondern dass überhaupt heftige Reize, die von irgend welchem sensiblen Nerven ausgehen oder auf den Querschnitt des Rückenmarks applicirt werden, die Reflexerregbarkeit herabzusetzen im Stande sind, d. h. die Auslösung von Reflexbewegungen erschweren. Es ist endlich Setschenow selbst zweifelhaft geworden, ob die leichtere Auslösung

von Reflexbewegungen, die nach dem Schnitte durch die Medulla oblongata entsteht, davon herrührt, dass das Hemmungscentrum von der Medulla oblongata abgetrennt ist, oder ob sie nicht vielleicht auch auf einer localen Reizung beruht. Man kann also diese ganze Lehre von dem Reflexhemmungscentrum im Gehirne noch nicht als völlig sicher, wenigstens nicht als abgeschlossen betrachten, indem noch Manches in derselben unklar ist.

Man muss die von Setschenow und von Herzen beobachteten Erscheinungen im Zusammenhange betrachten mit denjenigen, welche Brown-Séquard und Türk schon früher nach halbseitiger Durchschneidung des Rückenmarks beobachtet hatten. Türk fand, dass pathologische Entartungen in der Weise in beiden Seiten des Rückenmarks fortgeschritten waren, dass sie beiderseits über die Mittelebene hinausgingen. Sie lagen dabei noch verhältnissmässig nahe aneinander. Hier müsste also jede directe, auf derselben Seite verbleibende Längsleitung irgendwo unterbrochen sein, und doch war während des Lebens keine Erscheinung vorhanden, die darauf hindeutete. Es könnte hienach auf den ersten Anblick scheinen, als ob die Leitung im Rückenmarke keine bestimmte, im Allgemeinen vorgeschriebene Bahnen hätte, sondern dass sie auf jeder beliebigen Bahn im Rückenmarke fortschreiten konnte, so lange nur noch eine Substanzbrücke vorhanden ist, durch die sie hindurchgehen kann. Man könnte dies in Zusammenhang bringen mit dem Gerlach'schen Netze von Nervenfasern, das das ganze Rückenmark durchsetzt. Aber dieser auffallende Befund und der Gegensatz desselben zu den Erscheinungen im Leben hängt offenbar damit zusammen, dass sich im Laufe der Zeiten, ebenso wie sich die Degenerationen bildeten, auch neue Nervenbahnen gebildet haben, auf welchen nun Impulse fortgeschritten sind, die im gesunden Rückenmarke diese Wege nicht nahmen. Dies geht daraus hervor, dass man andere Resultate erhält, wenn man am Rückenmarke Schnitte anlegt.

Wenn man einem Frosche die eine Hälfte des Rückenmarks bis zur Mittelebene durchschneidet, so wird das Bein an der Seite, wo der Schnitt im Rückenmarke gemacht wurde, unvollkommen gelähmt, dies sagt also, dass die Kreuzungen der Bahnen, welche vom Gehirne zu den motorischen Nerven gehen, verhältnissmässig hoch oben stattfinden, und dass dann die motorischen Bahnen auf derselben Seite verlaufen, auf der sich die Ganglienkörper befinden, die den motorischen Nerven derselben Seite als Ursprung dienen. Wie steht es nun mit der Empfindlichkeit? Dasselbe Verfahren, welches später Setschenow anwandte, um die Reflexerregbarkeit zu untersuchen, nämlich das Eintauchen der Zehen des Frosches in sehr verdünnte Schwefelsäure, wendete damals schon Türk bei Fröschen an, denen er das Rückenmark in der früher angegebenen Weise durchschnitten hatte. Er fand, dass das Bein der anderen Seite unterempfindlich war, d. h. dass dieses später als im normalen Zustande aus der verdünnten Schwefelsäure herausgezogen wurde. Dieselbe Unterempfindlichkeit an der unverletzten Seite zeigte sich auch bei Kaninchen. Wenn man diesen die Halbscheid des Rückenmarks durchschnitten hat, wird das Bein derselben Seite unvollkommen gelähmt, das der anderen Seite wird unterempfindlich. Beim Kneipen der Haut zeigen sich später Schmerzensäusserungen, als im normalen Zustande.

Fragt man, was dies bedeute, so kann man nichts anderes antworten, als dass die sensiblen Bahnen kurze Zeit, nachdem sie in das Rückenmark eingetreten sind, auf die andere Seite sich begeben und dann in dieser Seite nach aufwärts laufen, so dass durch die Schnitte Hautnerven der anderen Seite ausser Communication mit dem Gehirne gesetzt wurden.

Wie verhält sich aber das unvollkommen gelähmte Bein in Rücksicht auf seine Empfindlichkeit? Es erweist sich sowohl bei den operirten Fröschen, als bei den operirten Kaninchen als überempfindlich. Der Frosch zieht dieses Bein nach kürzerer Zeit aus der verdünnten Schwefelsäure heraus, als er es früher gethan hat. Das Kaninchen äussert schon bei mässigem Kneipen der Haut Schmerzen, und wenn man dieselbe unter stärkerem Drucke zwischen den Fingern wälzt, so schreit es laut, wie es ein gesundes Thier unter gleichen Umständen nicht zu thun pflegt. Wir haben also hier eine ähnliche Ueberempfindlichkeit, wie sie sich bei den Setschenow'schen Versuchen zeigte. Es werden Reflexbewegungen auf der verletzten Seite leichter ausgelöst, und zwar nicht nur durch chemische, sondern auch durch tactile Reize. Beim Frosche könnte man dies so erklären, dass der Schnitt das Reflexcentrum vom Hemmungscentrum getrennt hat. Für das Schreien des Kaninchens aber ist diese Erklärung unzulässig, da hier das Reflexcentrum in der Medulla oblongata liegt, also durch den Schnitt im Rückenmarke nicht vom Hemmungscentrum getrennt sein konnte.

Auch an Menschen sind nach Verwundungen eines Seitenstranges des Rückenmarkes analoge Erscheinungen beobachtet, in einzelnen Fällen sogar vollständige Anästhesie auf der einen Seite und Lähmung nebst Ueberempfindlichkeit auf der andern Seite. Auf der anästhetischen, also der nichtverwundeten Seite, war der Kraftsinn, das heisst das Unterscheidungsvermögen für zu hebende Gewichte immer erhalten. Es gibt dafür zweierlei Erklärungen. Erstens die Annahme, dass die empfindenden Nerven der tieferen Theile im Rückenmarke andere Wege gehen als die Hautnerven, und zweitens die Annahme, dass der Patient die Gewichte schätzt nach der Grösse der Intentionen, der Willensimpulse, welche er braucht, um sie zu heben, ähnlich wie ein Billardspieler die Kraft seines Stosses schon im Voraus abmisst, noch ehe ihm aus demselben irgend eine tactile Erfahrung erwachsen ist. Ueber den Grund der Ueberempfindlichkeit, der vermehrten Schmerzempfindlichkeit und der vermehrten Reflexerregbarkeit, auf der verwundeten Seite haben auch die Erfahrungen am Menschen keinen genügenden Aufschluss gegeben. Man weiss nicht, in wie weit sie in den einzelnen Fällen von dem durch gleichzeitige Durchtrennung vasomotorischer Nerven vermehrten Blutreichthum abhängig war, wie weit sie auf Reizerscheinungen, wie weit sie auf Lähmung zurückgeführt werden musste.

Wir gehen zu dem verlängerten Marke, zur Medulla oblongata über. Wenn man den Boden des vierten Ventrikels ansieht, so findet man unter den Querfasern des Acusticus, in der Mitte des Bodens des vierten Ventrikels, eine keilförmige Partie von weisser Substanz. Nach aussen davon sieht man in Gestalt eines Mottenflügels eine graue Partie liegen, Arnold's Ala cinerea. Diese graue Partie ist der Kern, aus dem ein mächtiger Nerv, der Nervus vagus, hervorgeht. Die Partie von

dieser Ursprungsstelle nach abwärts, beim Kaninchen etwa bis 3 Mm. nach abwärts, ist der sogenannte Lebensknoten von Flourens. Flourens fand, dass der plötzliche Tod, welcher eintritt, nachdem man an dieser Stelle eingestochen, von Sistirung sämmtlicher Respirationsbewegungen herrühre. Flourens hat sich mit der Physiologie dieser merkwürdigen Stelle der Medulla oblongata eingehend beschäftigt. Er fand, dass die Respirationsbewegungen fortdauern, wenn man das Centralorgan irgendwo oberhalb dieser Region durchschneidet und dass dieselben theilweise fortdauern, wenn man das Rückenmark, irgendwo unterhalb dieser Stelle durchschneidet. Es bleiben dann diejenigen Respirationsmuskeln in Thätigkeit, welche ihre Nerven aus Partien des Rückenmarks beziehen, die noch in Zusammenhang mit der Medulla oblongata, also noch mit dem Lebensknoten stehen. Es stellen dagegen diejenigen Respirationsmuskeln ihre Action ein, die ihre Nerven aus Partien des Rückenmarks beziehen, welche nicht mehr mit der Medulla oblongata in Zusammenhang stehen. Indessen stehen einige Angaben neuerer Zeit nicht ganz im Einklange mit den Resultaten von Flourens.

Gierke glaubt nach seinen Versuchen, dass es nicht sowohl auf Zerstörung einer Zellenmasse, als auf Durchschneidung eines nach aussen von der Ala cinerea liegenden Faserbündels ankomme, und Prok. Rokitansky findet, dass Thiere, denen die Medulla oblongata durchschnitten ist, nach Einspritzung von Strychnin vorübergehend wieder Athembewegungen machen. Er glaubt, dass Athemcentra tiefer hinabreichen, die nach Trennung der Medulla oblongata nicht selbstständig functioniren, aber durch Strychnin vorübergehend angeregt werden. Auch die obere Grenze der Athmungscentra scheint noch nicht genau bekannt zu sein. Thiere, denen das Mark im Pons Varolii durchschnitten ist, athmen nach Prok. Rokitansky oft nur kurze Zeit, wenn die Athmung nicht von Zeit zu Zeit durch künstliche Respiration und die dadurch beschleunigte Circulation wieder angefacht wird. Auch hier lassen sich nach dem Aufhören der Athembewegungen durch Strychnineinspritzung neue hervorrufen. In früherer Zeit, ehe man die Ludwig'sche Methode Thiere mit Opium zu narkotisiren kannte und ehe man Aether, Chloroform, Chloralhydrat und andere Betäubungsmittel kannte, wurde für physiologische Zwecke häufig die Medulla oblongata durchschnitten, und dann künstliche Respiration eingeleitet, um die Circulation im Gange zu erhalten und so an dem Thiere noch als an einem lebenden, experimentiren zu können.

Ein anderes wichtiges Centrum im verlängerten Marke ist das für die vasomotorischen Nerven. Schon frühere Beobachtungen von Ludwig hatten darauf hingewiesen, dass im verlängerten Marke ein Centrum für die vasomotorischen Nerven sei, in der Weise, dass von diesem Centrum dauernd Impulse ausgehen, denen die Gefässwände ihren Tonus verdanken, d. h. den normalen Contractionszustand ihrer Muskelelemente. Andererseits zeigte sich dieses Centrum auch als ein reflectorisches, indem durch Erregung desselben von der Peripherie aus Zusammenziehungen in den Gefässen hervorgerufen wurden. Nach den Untersuchungen, welche Owsjannikoff und später Dittmar im Ludwig'schen Laboratorium angestellt haben, ist über die Existenz eines solchen vasomotorischen Centrums in der Medulla oblongata kein Zweifel mehr vorhanden, zweifelhaft ist dessen untere Grenze, indem gewisse Versuchsresultate

zu der Vermuthung geführt haben, dass auch noch weiter nach abwärts im Mark Apparate vorhanden sind, welche zur Regulirung des Tonus der Gefässwandungen dienen. Auch die obere Grenze ist nicht mit Sicherheit bekannt. Verletzungen und Extravasate im Pons, den Vierhügeln, in den Sehhügeln und Streifenhügeln haben veränderten Zustand der Gefässe der Haut, angeblich auch Blutungen in den Eingeweiden zur Folge gehabt. Die meisten Beobachtungen beziehen sich auf Gefässerweiterung auf der gelähmten Seite hemiplectischer Individuen; man weiss aber nicht, in wie weit man es hier mit directer Lähmung, in wie weit mit Reflexlähmung, das heisst mit hemmender, mit deprimirender Einwirkung auf das Centrum in der Medulla oblongata zu thun hatte.

Fig. 17.

Ein drittes singuläres Gebiet in der Medulla oblongata hat vor einer Reihe von Jahren Bernard gefunden. Er durchstach das verlängerte Mark an einer bestimmten Stelle und brachte dadurch künstlich Diabetes mellitus hervor. Er bediente sich hiezu eines meisselförmigen Instrumentes, das er später so modificirte, dass er von der in querer Stellung eindringenden Schneide desselben einen Dorn (Fig. 17) ausgehen liess, der dazu diente, das Instrument nur bis zu einer gewissen Tiefe in die Medulla oblongata eindringen zu lassen, damit keine stärkere Verletzung hervorgebracht werde, als sie zur Erzeugung des Diabetes nöthig ist. Um den richtigen Punkt zu treffen, sucht Bernard bei einem Kaninchen die kleine flache Erhabenheit am Hinterhaupte auf, welche am Kaninchenkopfe mit Leichtigkeit zwischen den Ohren zu fühlen ist. Diese Erhabenheit hat nach hinten eine kleine Depression, die man gleichfalls durch die Bedeckungen leicht hindurchfühlen kann. In diese Depression stösst er den Meissel ein und führt ihn dann an der Rückwand des Hinterhauptes nach abwärts. Dadurch gelangt er mit dem Meissel zwischen Knochen und Kleingehirn hindurch, ohne dass letzteres verletzt wird, und nun dringt der Meissel in die Medulla oblongata ein. In Folge dieser Operation tritt Diabetes mellitus mit allen seinen Erscheinungen auf. Die Blase füllt sich rasch, der sich darin ansammelnde Urin ist zuckerhältig und die Secretion ist dauernd vermehrt. Die Thiere gehen theils zu Grunde, theils kommen sie davon. Es hängt dies von der Grösse der Verletzung ab, die sie erlitten haben. Bei den Thieren, die davon kommen, bessert sich der Diabetes und verschwindet endlich ganz, bei denen, die zu Grunde gehen, pflegt der Diabetes mellitus auch zu verschwinden, ehe sie sterben. Es ist sehr viel über die Ursache dieser Erscheinungen experimentirt worden, die, als sie bekannt wurden, das grösste Aufsehen machten. Man glaubte zuerst, dass die Wirkung dieser mit dem Namen der Piqure bezeichneten Operation darin begründet sei, dass der Vaguskern getroffen und in Folge dessen der Respirationsact beeinträchtigt werde, dass deshalb der Zucker, der normaler Weise im Blute vorhanden, nicht wie gewöhnlich verbrannt werde, sich somit im Blute ansammle und durch die Nieren ausgeschieden werde. Bernard hat aber nachgewiesen, dass sich die Sache anders verhält. Erstens wird der Vaguskern nicht getroffen. Zweitens merkt man den Thieren keinerlei Beeinträchtigung

ihrer Respiration an. Drittens kann die Respiration gesunder Kaninchen beeinträchtigt werden, ohne dass sie diabetisch werden. Endlich kann man die Vagi selbst durchschneiden, ohne dass dadurch jemals Diabetes hervorgerufen wird. Es kann sich also nicht darum handeln, dass der Zucker, der normaler Weise ins Blut gelangt, nicht in der gewöhnlichen Weise verbrannt wird, sondern man muss vielmehr annehmen, dass eine ungewöhnlich grosse Menge von Zucker in das Blut hineingelangte. Es fragt sich nun, auf welche Weise dies geschieht. Es hat sich bis jetzt darüber keine bestimmte Meinung feststellen lassen, aber man hat Fingerzeige bekommen, durch welche Cyon und Adaloff in neuerer Zeit zu einer Hypothese über die Ursache des Diabetes gelangt sind. Man hat gefunden, dass durch die Ausschneidung des Ganglion cervicale inferius Diabetes erzeugt wird, und zwar geben Cyon und Adaloff an, dass dies von einer Hyperämie, die in der Leber eintritt, herrühre. Sie glauben deshalb, dass die vasomotorischen Nerven der Leber, die ihr Centrum in der Medulla oblongata haben, durch die Rami communicantes aus dem Rückenmarke aus- und in den Sympathicus eintreten und so endlich zur Leber gelangen. In Folge der Lähmung dieser Nerven trete Hyperämie in der Leber ein, dadurch sei die reichlichere Zuckerbildung in derselben zu erklären und hieraus die grössere Zuckermenge im Blute, also der Diabetes. Sie geben an, dass dieser Diabetes nach Ausschneiden des Ganglion cervicale inferius ausgeblieben sei, wenn sie vorher den Splanchnicus durchschnitten hätten. Sie erklären dies so, dass durch die Durchschneidung des Splanchnicus, der bekanntlich die vasomotorischen Nerven für einen grossen Theil des chylopoëtischen Systems führt, die Blutbahnen im Darmkanale erweitert, und so für das Blut gewissermassen ein so breiter Nebenweg eröffnet worden sei, dass das Ausschneiden des Ganglion cervicale inferius jetzt keine Hyperämie in der Leber hervorgebracht habe. Es muss übrigens bemerkt werden, dass nach blosser Durchschneidung des Nervus splanchnicus auch Diabetes beobachtet wurde, wenn auch nicht immer. Auch ist Eckhard auf Grund seiner Versuche den Ansichten von Cyon und Adaloff entgegengetreten. Als ein merkwürdiges, aber auch bis jetzt ganz unerklärtes Factum ist Eckhard's Beobachtung zu erwähnen, dass reine Polyurie ohne Zuckerausscheidung entsteht, wenn man nicht die Medulla oblongata, aber den Wurm verletzt. Auch nach Verletzung einzelner anderer Theile des Nervensystems, als dem von Bernard bezeichneten, hat man Zucker im Urin auftreten sehen, aber nicht mit derselben Regelmässigkeit.

Die Nerven.

Nervus oculomotorius.

Wir gehen nun zur Betrachtung der einzelnen Nervenbahnen über und machen den Anfang mit dem Nervus oculomotorius. Derselbe zeigt sich gleich bei seinem Ursprunge als ein motorischer Nerv. Er entspringt unterhalb des Aquaeductus Sylvii jederseits aus einem grauen Kerne, der in der Fortsetzung der vorderen grauen Colonnen des Rückenmarks liegt und die Ganglienzellen, aus denen der Oculomotorius

seinen Ursprung nimmt, entsprechen in ihrem Aussehen noch ganz denen, aus welchen die motorischen Rückenmarksnerven entspringen. Er läuft dann nach abwärts und tritt zu beiden Seiten nach innen vom Fusse des Hirnschenkels zu Tage. Er anastomosirt am Sinus cavernosus mit dem ersten Aste des Trigeminus und nimmt hier die sensiblen Fasern auf, die er in seinem weiteren Verlaufe führt. Er theilt sich in zwei Aeste, einen kleinen oberen, welcher den Levator palpebrae superioris und den Rectus superior versorgt, und in einen grösseren unteren Ast für den Rectus internus, rectus inferior und obliquus inferior, der noch ausserdem die Radix brevis ad ganglion ciliare abgibt. Der Oculomotorius versorgt nicht blos die äusseren Muskeln des Auges, sondern auch zwei von den Binnenmuskeln desselben. Solche gibt es bekanntlich drei. Erstens den Musculus tensor chorioideae, der vom Rande der Hornhaut entspringt und dessen Fasern sich rückläufig an die Chorioidea ansetzen, der Muskel, welcher, wie wir sehen werden, die Accommodation des Auges für die Nähe vermittelt. Zweitens den Sphincter pupillae, welcher in Form eines etwa einen Millimeter breiten Ringes die Pupille umgibt. Endlich den Dilatator pupillae, dessen Fasern radial hinter den grossen Gefässen der Iris vom Margo ciliaris iridis bis zum Sphincter hinlaufen. Von diesen drei Muskeln versorgt er den Tensor chorioideae und zwar nach den Untersuchungen von Hensen und Adamük, die an Hunden gemacht wurden, ausschliesslich durch Fasern, welche vom Ganglion ciliare kommen. Zweitens versieht er den Sphincter pupillae. Der Dilatator pupillae wird nicht von ihm versorgt.

Um die Bewegungen der Iris im Zusammenhange behandeln zu können, müssen wir auch von der Innervation des Dilatator pupillae sprechen. Petit wusste schon im Jahre 1727, dass, wenn man den Sympathicus am Halse durchschneidet, merkwürdige Veränderungen im Auge vor sich gehen, die in neuerer Zeit wieder ausführlich theils von Bernard, theils von Budge und Waller studiert worden sind. Diese Veränderungen bestehen in Folgendem: Sobald der Sympathicus am Halse durchschnitten worden ist, verengert sich die Pupille des Auges derselben Seite, das Auge schielt nach innen, es ist etwas in die Orbita zurückgesunken, so dass die Lidspalte enger wird, indem die Lidspalte ihre Oeffnung nicht blos der Wirkung des Levator palpebrae superioris, sondern auch dem Drucke verdankt, den der Bulbus von innen heraus ausübt. Endlich bei denjenigen Thieren, welche ein drittes Augenlid, eine Nickhaut haben, zieht sich diese so vor, dass sie die Pupille grösstentheils, bisweilen sogar gänzlich bedeckt. Gleichzeitig mit diesen Veränderungen ändert sich auch der Füllungsgrad der Blutgefässe des Kopfes, dies ist bei Thieren mit durchscheinenden Ohren wie die Kaninchen, zunächst dadurch auffallend, dass sich die Gefässe des Ohres der operirten Seite sichtlich stärker mit Blut füllen. Namentlich fällt es auf, dass nicht allein die Venen als rothe Stränge stärker sichtbar sind, als im normalen Zustande, sondern, dass neben ihnen auch die stärker gefüllten Arterien als ähnliche rothe Stränge verlaufen. Auch am Auge kann man diese stärkere Gefässfüllung, wenn auch weniger auffallend als an den Ohren beobachten. Auch die Temperatur der beiden Ohren ist ungleich, indem das Ohr der operirten Seite wärmer ist, als das der anderen Seite. Es fragt sich, woher rühren alle diese Erschei-

nungen. Um das zu erfahren, muss man das peripherische Ende des durchschnittenen Sympathicus reizen. Reizt man dieses mit den Electroden eines Magnetelectromotors, so erweitert sich die Pupille weit über ihr gewöhnliches Maass, das Auge richtet sich wieder gerade, ja sogar etwas nach aussen, die Nickhaut zieht sich zurück, der Bulbus wird hervorgedrängt und dadurch die Lidspalte weiter geöffnet, als die des andern Auges. Kurz die Erscheinungen sind das gerade Gegentheil von denjenigen, die durch das Durchschneiden erzielt worden sind. Wenn man jetzt die beiden Ohren miteinander vergleicht, so sieht man, dass in dem Ohre der Seite, auf welcher gereizt wird, die Gefässe fast vollständig verschwunden sind, dass sie sich im hohen Grade verengert haben. Dasselbe kann man im Auge wahrnehmen. Wenn man während der Reizung mit dem Augenspiegel untersucht, so bemerkt man, dass die Gefässe der Retina und Chorioidea sich in Folge derselben zusammenziehen. Es kann jetzt nicht mehr zweifelhaft sein, dass die Pupillenverengerung daher rührte, dass man die Nerven durchschnitten hatte, welche den Dilatator pupillae innerviren. Dadurch hatte der Sphincter das Uebergewicht bekommen und die Pupille hat sich verengert. Jetzt reizt man dieselben Nerven, die Folge davon ist, dass die Pupille sich stark erweitert.

Warum tritt das Auge beim Reizen hervor, und warum sinkt es bei der Durchschneidung in die Orbita zurück? Das erklärt sich aus dem Vorhandensein eines Muskels in der Orbita, der von Heinrich Müller entdeckt wurde und unter dem Namen des Müller'schen Muskels bekannt ist. Er besteht aus glatten Muskelfasern und überspannt die Fissura orbitalis inferior. So lange dieser Muskel erschlafft ist, liegen seine Fasern bogenförmig, wenn er sich aber zusammenzieht, so spannen sie sich gerade, verengern dadurch den Raum der Orbita und müssen das Auge herausdrängen. Denkt man sich, dass dieser Muskel im Leben in einem mittleren Grade von Zusammenziehung sich befindet, so wird er vollständig erschlaffen, nachdem der Sympathicus, der ihm Nerven sendet, am Halse durchschnitten ist, das Auge wird also zurücksinken. Wenn aber der Sympathicus gereizt wird, werden diese Muskeln sich zusammenziehen, er wird also das Auge aus der Orbita herausdrängen. Gleichzeitig mit diesem Muskel hat Müller glatte Muskelfasern beschrieben, welche auf der inneren Seite der Augenlider und in senkrechter Richtung verlaufen, so dass sie bei ihrer Zusammenziehung das Auge mit öffnen helfen können. Wenn also diese Muskelfasern ihres Nerveneinflusses beraubt sind, ist auch das eine Ursache, dass die Lidspalte enger werde, während umgekehrt, wenn diese Muskeln zur Contraction gereizt werden, bei gleicher Innervation des Levator palpebrae superioris die Lidspalte sich über das frühere Maass erweitern muss.

Am wenigsten klar ist bis jetzt das Schielen nach innen. Es scheint daher zu rühren, dass auch Fasern aus dem Sympathicus zu dem Musculus rectus externus gehen, durch deren Lähmung der rectus internus das Uebergewicht erlangt, so dass das Auge eine andere Stellung erhält.

Diese Fasern, welche durch den Halstheil des Sympathicus zum Auge hingehen, haben ihren Ursprung nicht im Sympathicus selbst, sondern, wie durch die Untersuchungen von Budge und Waller nachgewiesen ist, im Rückenmarke, im untersten Theile des Halsmarkes

und im obersten des Brustmarkes. Diese Gegend nennt man Regio ciliospinalis. Wenn man sie reizt, so treten dieselben Veränderungen im Auge ein, welche wir auf Reizung des Halstheiles des Sympathicus beobachtet haben, schneidet man diese Gegend aus, so treten die Veränderungen auf, die nach Durchschneidung der besagten Nervenbahn auftreten. Bei Hunden verlassen sie nach den Untersuchungen von Bernard mit dem 7. und 8. Cervicalnerven und mit dem ersten Dorsalnerven das Rückenmark und treten durch die entsprechenden Rami communicantes in den Sympathicus ein. Durchschneidet man diese Rami communicantes, so treten dieselben Veränderungen ein, wie wir sie bei Durchschneidung des Halstheiles des Sympathicus beobachtet haben. Diese von der Regio ciliospinalis zum Auge gehenden Nerven haben, wie Bernard nachgewiesen, ein ganz ungewöhnlich ausgedehntes Reflexgebiet. Sie können nämlich von jeder Stelle des Körpers aus erregt werden, vorausgesetzt, dass ein hinreichend starker Reiz erzeugt wird. Wenn man ein Thier an irgend einer Stelle sehr heftig kneipt, oder anderweitig misshandelt, so treten am Auge die Veränderungen ein, die bei Reizung des Halstheils des Sympathicus beobachtet werden. Hieraus erklären sich die Beschreibungen, welche uns von früheren Autoren über die Veränderungen des Aussehens von Leuten, die auf die Folter gespannt wurden, gegeben werden. Es wird erzählt, es seien unter den Schmerzen die Augen aus ihren Höhlen herausgetreten.

Salkowsky ist der Ansicht, dass das eigentliche Centrum ciliospinale aufwärts vom Atlas liegen müsse. Es veranlasst ihn dazu folgende Erfahrung. Wenn man ein Thier mit Curare vergiftet und dann künstliche Respiration eingeleitet hat, so erweitert sich die Pupille, wenn man die künstliche Respiration aussetzt und das Thier der Erstickung entgegengeht. Diese Pupillenerweiterung bleibt aus, wenn man vorher das Halsmark durchschnitten hat. Das venöse Blut muss also von einem höher liegenden Orte aus auf die Dilatatornerven eingewirkt haben. Die motorischen Bahnen der willkürlichen Muskeln haben, wie wir früher sahen, mehrere Innervationscentra über einander liegen, im Rückenmark, in den Stammganglien des Hirns, in der Hirnrinde. So mögen auch die hier in Betracht kommenden Nerven unwillkürlicher Muskeln ein Centrum im Rückenmark, ein oder mehrere andere im Gehirn haben; die Analogie und das Verhalten gegen Reflexreize macht dies sogar wahrscheinlich.

Was die Veränderungen des Gefässsystems anlangt, so ist es klar, dass die Erweiterung von nichts Anderem herrührt, als davon, dass wir mit dem Halstheile des Sympathicus auch zugleich die in demselben verlaufenden vasomotorischen Nerven des Carotidensystems durchschnitten haben. Reizen wir dieselben Nerven, so tritt das Gegentheil ein, es ziehen sich alle diese Gefässe zusammen.

In Rücksicht auf die Temperaturerhöhung glaubte man Anfangs, hier eine eigene Quelle für Wärmebildung eröffnet zu haben. Die späteren Untersuchungen haben aber überzeugend nachgewiesen, dass die Erhöhung der Temperatur sich lediglich aus dem reichlicheren Blutzuflusse erklärt. Das Ohr mit seiner sehr grossen Oberfläche ist fortwährend der Abkühlung ausgesetzt. In seiner knorpeligen Masse und seiner dünnen Haut wird verhältnissmässig sehr wenig Wärme gebildet. Es

wird also gewissermassen fortwährend geheizt durch den Strom des warmen Blutes, der durch die Gefässe hindurchgeht. Wenn das Blut reichlicher zugeführt wird, so wird in derselben Zeit mehr Wärme zugeführt, als früher. Das Ohr muss also wärmer werden, als das andere, dem die normale Menge Blutes zugeführt wird. Demnach erhebt sich auch die Temperatur des Ohres niemals über die in den inneren Theilen herrschende.

Man war Anfangs der Meinung, dass auch diese vasomotorischen Nerven ihren Ursprung in der Regio ciliospinalis hätten. Bernard hat aber gezeigt, dass dies nicht der Fall ist, sondern dass sie das Rückenmark weiter unten verlassen. Wenn man beim Hunde den Grenzstrang des Sympathicus zwischen der zweiten und dritten Rippe durchschneidet, so treten die Veränderungen im Gefässsystem auf, aber nicht die Veränderung in der Stellung des Auges und in der Grösse der Pupille. Bei denselben Untersuchungen hat er sich auch bemüht, noch andere Wege von vasomotorischen Nerven nachzuweisen. Er hat dabei gefunden, dass wenn man das Ganglion thoracicum primum ausreisst, die obere Extremität sich erwärmt, und dass, wenn man das Ganglion, das beim Hunde auf dem 5. und 6. Lendenwirbel aufliegt, ausreisst, die untere Extremität des Thieres sich erwärmt. Man hat also durch diese Operationen die Bahnen der betreffenden vasomotorischen Nerven unterbrochen.

Wir haben nun die Quellen kennen gelernt, aus denen die drei Binnenmuskeln des Auges ihre Nerven erhalten. Wir wollen uns jetzt fragen, unter welchem Einflusse steht die Pupille, wovon ist ihre Erweiterung und Verengerung abhängig? Der Einfluss, den wir am leichtesten beobachten können, ist der des Lichtes. Wenn wir Licht in ein Auge fallen lassen, verengert sich die Pupille, und wenn wir das Licht wieder abhalten, erweitert sie sich. Das ist eine Reflexbewegung, welche durch Reizung des Nervus opticus ausgelöst wird. Sie bleibt aus, wenn der Nervus opticus durchschnitten ist, sie kann also nicht ausgelöst werden durch die Ciliarnerven. Wir kennen auch die ganze Kette der durchlaufenen Bahnen. Wir können den Nervus opticus zu den Vierhügeln verfolgen; unter den Vierhügeln entspringt der Oculomotorius. Es ist also klar, dass die Erregung von den centralen Enden des Opticus auf die Ursprünge des Oculomotorius übertragen wird, und dass dadurch die Veränderungen in der Pupille zu Stande kommen. Die Veränderung ist aber nicht auf die Pupille des einen Auges beschränkt, sondern es bewegt sich auch die des andern mit. Man kann sich davon leicht überzeugen, wenn man das eine Auge abwechselnd verschliesst und wieder öffnet und dabei stets das andere Auge beobachtet. Die beiden Pupillen haben also Mitbewegung miteinander und es ist deshalb der Stand der Pupille von der Lichtmenge, welche in beide Augen fällt, abhängig; so dass, wenn man das eine Auge schliesst, man nicht die Hälfte des Lichtes für das Sehen verliert, indem sich dann die andere Pupille erweitert. Dadurch wird der Verlust wenigstens theilweise ersetzt.

Ausserdem hat die Pupille Mitbewegung mit dem Rectus internus und dem Tensor chorioideae. Der Rectus internus, der Tensor chorioideae und der Sphincter pupillae, die alle drei vom Oculomotorius innervirt werden, agiren mit einander. Es hängt das mit der Veränderung der Augenstellung beim Sehen zusammen. Wenn man einen näheren Gegen-

stand fixirt, ihn mit beiden Augen ansieht, so müssen die beiden Gesichtslinien stärker convergiren: hiebei muss sich der Tensor chorioideae zusammenziehen, um das Auge für die grössere Nähe einzustellen. Dabei contrahirt sich auch der Sphincter pupillae. Sieht man einen fernen Gegenstand an, so müssen die Gesichtslinien parallel gestellt werden, es muss also der Rectus internus nachgeben. Dann erschlafft auch der Tensor chorioideae und der Sphincter pupillae, indem die Pupille sich erweitert, so dass sie bei derselben Lichtmenge beim Sehen in die Ferne weiter ist, als beim Sehen in die Nähe. Man kann deshalb auch willkürlich seine Pupille verengern, indem man nach innen schielt. Wenn dabei auch nur ein Auge sich stark gegen die Nasenseite wendet, so verengert sich nicht nur die Pupille dieses Auges, sondern auch die des andern. Es fragt sich: Kann man seine Pupille auch willkürlich erweitern? Die Antwort darauf ist, dass dies einzelnen Menschen möglich ist. Ich kannte einen Dr. S...., der seine Pupillen ziemlich bedeutend erweitern konnte. Was er dabei machte, wusste er selbst nicht genau. Er wusste nur, dass er eine ziemliche Anstrengung machen müsse, die sich auf eine Reihe von Muskeln erstreckte, damit die Pupillen sich erweitern. Die meisten Menschen sind nicht im Stande, die Bewegungen der Accommodation und die Irisbewegungen von denen des Rectus internus zu isoliren. Wenn sie die Gesichtslinien parallel stellen, können sie meist nicht für die Nähe accommodiren und umgekehrt, wenn sie die Gesichtslinien convergiren lassen, so können sie ihre Augen nicht für die Ferne einstellen. Durch Uebung lässt sich jedoch die Fähigkeit hiezu erwerben, und wir werden später von Versuchen sprechen, bei denen dies in Betracht kommt.

Welches sind nun die Veränderungen, die beim Menschen eintreten, wenn der Oculomotorius gelähmt ist, und woran erkennt man also die Oculomotoriuslähmung? Eine vollständige Lähmung des Oculomotorius zeigt sich durch höchst auffallende Erscheinungen. Das Augenlid der gelähmten Seite hängt herunter, weil der Levator palpebrae superioris gelähmt ist: diesen Zustand nennt man Blepharoptosis paralytica. Hält man einem solchen Menschen das andere Auge zu, so richtet er den Kopf nach rückwärts und sucht unter dem Augenlide hervorzusehen. Das Auge selbst ist seiner Beweglichkeit grösstentheils beraubt, indem nur noch der Obliquus superior und der Rectus externus agiren. Es schielt dem entsprechend nach aussen, steht fest, macht die Bewegungen des andern Auges nicht mit. Wenn man den Kopf hin und her neigt, so behält innerhalb gewisser Grenzen das Auge der gesunden Seite seine Lage gegen den Horizont bei, wie ein Schiffscompass, der frei beweglich aufgehängt ist. Das Auge der gelähmten Seite dagegen macht jede Bewegung des Kopfes mit, weil von den beiden schiefen Augenmuskeln nur einer innervirt ist. Die Pupille ist erweitert, aber nur mässig, nicht etwa so, als ob sie künstlich durch Atropin erweitert worden wäre, denn nur der Sphincter ist gelähmt, der Dilatator aber nicht activ contrahirt. Das Auge ist dabei dauernd für ein und dieselbe Schweite eingestellt. Der Patient kann es nicht für eine kürzere, nicht für die Nähe einstellen. Dies rührt, wie wir später sehen werden, her von der Lähmung des Tensor chorioideae.

Die theilweisen Lähmungen charakterisiren sich dadurch, dass wenn der obere Ast gelähmt ist, die Ptosis vorhanden ist, aber das Auge noch nach der Seite bewegt werden kann, weil der Internus und Externus in

ihrem Antagonismus noch wirksam sind. Bei Lähmung des unteren Astes ist die Ptosis nicht vorhanden, dafür Pupillenerweiterung und Schielen des Auges nach aussen, weil der Rectus internus gelähmt ist. Auch die Accommodation und die Drehbewegungen des Auges sind gestört.

Krankhafte Erweiterung der Pupille durch Rückenmarkreizung wird zunächst im Tetanus beobachtet. Thiere, die in Tetanus versetzt sind durch solche Substanzen, die an und für sich nicht auf die Pupille wirken, zeigen im Anfall doch eine bedeutende Erweiterung derselben. Wenn sie im Anfalle sterben, verengert sich die Pupille plötzlich, indem nun die Contraction des Dilatator nachlässt. Da die Binnenmuskeln des Auges ein so weites Reflexgebiet haben, so ist es nicht wunderbar, dass sie auch von den Eingeweiden, den Unterleibsorganen aus erregt werden können. Vielleicht hängt es damit zusammen, dass die alten Aerzte behaupten, dass dauernde Erweiterung der Pupille bei Kindern ein Zeichen der Wurmkrankheit sei. Andererseits können diese Muskeln die Erscheinungen der reflectorischen Lähmung darbieten. Ich beobachtete einmal bei einer Typhuskranken, dass während ihrer Krankheit und während der Reconvalescenz, wenn vorübergehend eine Verschlimmerung eintrat, dieselben Veränderungen im einen Auge sich zeigten, als wenn der Halstheil des Sympathicus durchschnitten wäre. Mit der vollständigen Genesung schwanden diese Erscheinungen.

Nervus trochlearis.

Wir wollen, des Zusammenhanges wegen, jetzt die übrigen Nerven, welche zu den Augenmuskeln gehen, behandeln und mit dem Nervus trochlearis den Anfang machen. Er entspringt jederseits von der Raphe aus einem grauen Kerne, der unter dem Aquaeductus Sylvii liegt. Die Ganglienkugeln, aus denen er entspringt, sind wieder solche, wie sie in den vorderen Hörnern der grauen Substanz vorkommen. Der Nerv charakterisirt sich also durch seinen Ursprung als ein motorischer. Seine Fasern verlaufen nun bogenförmig nach aufwärts und sollen dann, nach der gewöhnlichen Annahme, in der Valvula cerebelli über dem hier im Querschnitte T-förmig gestalteten Aquaeductus Sylvii sich vollständig kreuzen. Nach Schröder van der Kolk ist dem jedoch nicht so. Nach ihm ist diese Kreuzung von markhaltigen Fasern, welche man mit blossem Auge in der Valvula cerebelli sieht, keine Kreuzung der Wurzelfasern des Trochlearis, sondern eine Commissur, welche von der einen Seite zur andern herübergeht, während die Wurzelfasern des Trochlearis auf derselben Seite bleiben und auf derselben Seite zu Tage treten. Ich habe mich schon vor einer Reihe von Jahren bemüht, in Rücksicht auf diese Trochleariskreuzung zu einer bestimmten Ueberzeugung zu gelangen. Es ist dies aber bei der mikroskopischen Untersuchung viel schwieriger, als es scheint, so lange man die Dinge mit blossen Augen sieht. Es scheint da, als ob man mit Leichtigkeit die Trochlearisfasern von einer Seite zur andern hinüber verfolgen könnte. Macht man aber Durchschnitte und untersucht sie mikroskopisch, so sieht man, dass dem keineswegs so ist, dass man keine einzige Faser mit Sicherheit von der einen Seite aus der Wurzel des Trochlearis, in die andere Seite, in den Verlauf desselben hinein verfolgen kann. So lange man sich aber nicht

mit Sicherheit, durch die directe Anschauung, von der Richtigkeit der alten Ansicht überzeugen kann, so lange muss man gestehen, dass die Ansicht von Schröder van der Kolk a priori viel wahrscheinlicher ist. Wir kennen keinen vorderen Rückenmarksnerven, auch keinen motorischen Hirnnerven, der, nachdem er aus seinem Kerne entsprungen, auf die andere Seite hinübergeht. Wir haben zwar vom Gehirne gekreuzte Wirkungen, aber diese kommen in anderer Weise zu Stande, und zwar so, dass die Fasern, welche vom Gehirne zum Kerne hinübergehen, gekreuzt sind. Die Fasern aber, die vom Kerne ausgehen und zu Tage treten, die eigentlichen Nervenwurzelfasern, sind niemals gekreuzt. Nun sieht man ein, dass sich mit dieser Ansicht die Angaben von Schröder van der Kolk leicht in Uebereinstimmung bringen lassen. Nach ihm gehen die Fasern des Trochlearis auf derselben Seite heraus. In der Commissur liegen die Fasern, die von der andern Gehirnhälfte kommen, und hier erst zum Kerne des Trochlearis hingehen. Dr. S. Exner hat den Nervus trochlearis einseitig von seinem Kerne aus zu reizen gesucht und Bewegung des Musculus obliquus superior an derselben Seite und nur an derselben Seite erhalten. Das spricht auch für die Ansicht von Schröder van der Kolk.

Der Trochlearis anastomosirt in der Wand des Sinus cavernosus mit dem Trigeminus. Er nimmt dort sensible Fasern auf und geht dann zum Musculus obliquus superior seu Musculus trochlearis, den er innervirt. Demnach ist seine Physiologie sehr einfach. Seine Lähmung ist weniger durch äussere Erscheinungen kenntlich, wie die des Oculomotorius, weil das Auge nur wenig in seiner Stellung verändert ist. Der Kranke selbst aber wird darauf aufmerksam, dass etwas in der Stellung seiner Augen nicht in Ordnung sei, denn er sieht doppelt und zwar stehen die Bilder in ungleicher Höhe. Das Bild des kranken Auges steht tiefer als das andere und schräg, so dass die Entfernung des unteren Theiles beider Bilder grösser ist, als die des oberen. Neigt man den Kopf etwas nach vorn und nach der gesunden Seite, so gehen die Bilder in eins zusammen. Senkt man das zu fixirende Object, so findet ein leichtes Einwärts- und Aufwärtsschielen mit dem kranken Auge statt. Die Schiefstellung des Kopfes gewöhnt sich an und kann sogar Contractur des Sternocleidomastoideus der gesunden Seite nach sich ziehen. Es gibt noch ein anderes Zeichen. Wir haben gesehen, dass das gesunde, in allen seinen Muskeln normal innervirte Auge wie ein Schiffscompass sich im Gleichgewichte hält, dass, wenn man den Kopf nach der einen oder anderen Seite innerhalb gewisser Grenzen neigt, das Auge seinen Horizont beibehält. Thut man dies mit einem Individuum, das an einer einseitigen Trochlearislähmung leidet, so macht das gelähmte Auge die Bewegungen des Kopfes mit. Das rührt daher, dass das Auge seine Drehbewegungen zwischen Obliquus superior und inferior macht. Diese beiden erhalten es in seiner Stellung, wenn man den Kopf auf die Seite neigt. Hier aber ist der Obliquus superior gelähmt, und der Obliquus inferior hat das Auge nach sich gezogen. Die äussere Stellung des Auges ist dabei nicht sehr auffallend verändert, aber das Auge steht jetzt fest, es dreht sich nicht mehr um die Axe, um welche die beiden schiefen Augenmuskeln die Augen bewegen. Wenn ich also den Kopf hin- und herbewege, macht es alle Bewegungen des Kopfes mit.

Nervus abducens.

Der letzte Augenmuskelnerv, mit dem wir es zu thun haben, ist der Nervus abducens. Er entspringt aus einem grauen Kerne, der am Boden der Rautengrube zu beiden Seiten der Mittellinie liegt. Er liegt in der Nähe des Facialisursprunges und nach Schröder van der Kolk durchsetzen die Wurzelfasern des Abducens den Kern des Nervus facialis. Sowohl der Kern des Facialis als der des Abducens bestehen aus Ganglienkugeln, die denen der vorderen Hörner der grauen Substanz entsprechen, beide zeigen sich also von vorneherein als motorische Nerven. Dann durchsetzt der Abducens in seinem centralen Verlaufe die Brücke, tritt am hinteren Rande derselben zu Tage, läuft unter ihr nach vorn zum Sinus cavernosus, nimmt höchst wahrscheinlich Fasern vom Trigeminus auf, geht dann, in der Orbita angelangt, nach aussen, um den M. rectus externus zu innerviren. Da, wo der Nervus abducens die Carotis kreuzt, geht er mit dem Sympathicus eine starke Anastomose ein. Diese ist so bedeutend, dass sie die alten Anatomen, die den Sympathicus vom Hirn herleiteten, als den Ursprung desselben ansahen. Jetzt hat man darüber eine ganz andere Ansicht. Wir haben gesehen, dass, wenn man den Sympathicus am Halse durchschneidet, das Auge nach innen schielt. Diese Erscheinung erklärt sich nun, wenn man annimmt, dass ein Theil der Fasern, die aus der Regio ciliospinalis kommen und im Halstheile des Sympathicus aufsteigen, durch die erwähnte Anastomose in den Abducens übergeht und mit ihm zum Rectus externus gelangt. Dieser ist dann von zweierlei Nerven innervirt, erstens vom Abducens, dann von motorischen Fasern, die ihm aus der Regio ciliospinalis des Rückenmarks zukommen. Werden die letzteren mit dem Halstheile des Sympathicus durchschnitten, so hat der Rectus externus einen Theil seiner Innervation verloren, er wird also seinem Antagonisten, dem Rectus internus, gegenüber nachgeben, und die Folge davon wird das Schielen des Auges nach innen sein.

Die Lähmung des Abducens zeigt sich dadurch, dass das Auge nach innen schielt, aber im Uebrigen beweglich ist, so dass das Schielen nicht von einer Contractur des Rectus internus herrühren kann.

Nervus trigeminus.

Der Nervus trigeminus ist ein gemischter Nerv und entspringt mit einer stärkeren sensiblen und einer schwächeren motorischen Wurzel. Die motorische Wurzel entspricht einer vorderen, die sensible einer hinteren Rückenmarkswurzel. Demgemäss nimmt nur die sensible Wurzel an der Bildung des Wurzelganglion dieses Nerven, das Ganglion semilunare Gasseri, Theil. Die motorische Wurzel geht an demselben vorbei, ohne sich an dessen Bildung zu betheiligen. Diese letztere entspringt aus einem Kern, der jederseits unter dem oberen Theile des Bodens des vierten Ventrikels hingestreckt ist, und sich nach aufwärts bis zu der Region erstreckt, in welcher der Ventrikel schon von der Valvula cerebelli überdacht ist. Hier wo sich der Ventrikel verschmälert, liegt der Kern dann nicht sowohl nach unten als vielmehr nach aussen und unten von ihm. Wenn ich hierin

der Angabe von Meynert folge, so kann ich seine und anderer Autoren ausführliche Angaben über die Ursprünge der sensiblen Trigeminuswurzeln nicht in der Ausdehnung wiedergeben, die das Interesse des Gegenstandes an und für sich verdienen würde. Das Gebiet, über welches sich diese Ursprünge zu verbreiten scheinen, ist ein sehr ausgedehntes und das liegt in der Natur der Sache.

Man muss bedenken, dass der Trigeminus, als sensibler Nerv, nicht nur seiner motorischen Portion entspricht, sondern ausserdem den Augenmuskelnerven, die wir bereits kennen gelernt haben, und auch dem Nervus facialis, und einem Theil des Hypoglossus. Man muss sich aber sagen, dass noch Zweifel darüber existiren, wie denn überhaupt die sensiblen Nerven entspringen, und dass, wenn die Ansicht von Gerlach richtig ist, man von keinem Ursprunge eines sensiblen Nerven aus bestimmten Ganglienkugeln sprechen kann, da ja nach ihm die Wurzeln der sensiblen Nerven sich verästeln und sich in ein Netz von feinen Nervenfasern auflösen sollen, die dann mit sehr verschiedenen und auf ein weites, schwer zu begrenzendes Feld ausgebreiteten Ganglienkugeln in Verbindung stehen können.

Wir wollen mit der Physiologie der vorderen Wurzel beginnen. Die motorische Wurzel des Trigeminus versorgt vor Allem die Kaumuskeln, den Temporalis, den Masseter, den Pterygoideus internus, den Pterygoideus externus, aber nicht den Buccinator, obgleich dieser ein Hülfsmuskel beim Kauen ist. Der Buccinator ist insofern ein solcher, als er durch seine Contraction den Theil der Speisen, welcher in die Backentaschen hineingelangt ist, zwischen die Mahlzähne zurückdrängt. Der Buccinator wird vom Nervus facialis innervirt. Ferner gibt die motorische Portion des Trigeminus einen Ast ab, der durch das Ganglion oticum hindurch und zum Musculus mallei internus seu tensor tympani geht. Dann versorgt sie einen Muskel des weichen Gaumens, d. h. einen Muskel, der zwar nicht im weichen Gaumen liegt, aber mit zur Bewegung desselben dient, den Musculus tensor palati mollis. Endlich gibt sie Aeste ab zum Mylohyoideus und versorgt den vorderen Bauch des Digastricus, während der hintere vom Facialis innervirt wird.

Die sensible Portion des Trigeminus versorgt alle Haut- und Schleimhautbedeckungen des Kopfes mit gewissen Ausnahmen. Erstens mit Ausnahme des grössten Theiles des Pharynx, der hinteren Gaumenbögen und des hinteren Theiles der Zunge, wo sich Vagus und Glossopharyngeus verbreiten. Ferner der Tuba Eustachii und der Trommelhöhle, weiter des tiefsten Theiles des äusseren Gehörgangs, der vom Ramus auricularis nervi vagi versorgt wird, und endlich eines Theiles der Ohrmuschel und des Hinterhauptes, wohin Cervicalnerven gehen.

Die übrigen Haut- und Schleimhautbedeckungen des Kopfes werden empfindungslos, wenn der Trigeminus durchschnitten wird. Diese Operation kann man am Kaninchen leicht ausführen. Der erste, der es that, war Fodéra. Er sprengte ein Stück vom Seitentheile des Schädels weg und durchschnitt den Trigeminus gleich an seinem Ursprunge. Später hat Magendie diese Operation vielfältig ausgeführt und ein eigenes Messer dafür erfunden. Das Messer hatte die Form eines kleinen an seiner Schneide vorn spitz zulaufenden Beiles. Auf dem stählernen Stiele desselben befand sich ein Zeichen, bis zu welcher Tiefe das Messer eindringen

musste. Dieses Messer stiess er von der Seite durch den Schädel durch, bis zu dem Zeichen auf dem Stiele, dann drehte er es und machte den Schnitt. Jetzt macht man diese Operation gewöhnlich mit einem Messer, das zu diesem Zwecke von Bernard angegeben wurde, und einem kleinen Dieffenbach'schen Tenotom sehr ähnlich ist. Man umwickelt dasselbe so weit es nicht eindringen soll mit Zwirn, nimmt es dann in die Hand, setzt den Daumen derselben auf den äusserlich fühlbaren knöchernen Theil des äusseren Gehörganges, führt das Messer, indem man nach vorn vom Gehörgange einsticht, horizontal ein, geht auf der Basis des Schädels und auf dem Felsenbeine horizontal nach einwärts, bis man so weit eingedrungen ist, wie es die Bewickelung des Messers gestattet. Dann dreht man das Messer um, so dass die Schneide nach abwärts sieht und indem man jetzt das Heft hebt und die Schneide nach abwärts drückt, zieht man das Messer langsam heraus. Dadurch fasst die Schneide den Trigeminus auf dem Felsenbeine und schneidet ihn daselbst zwischen der Brücke und dem Ganglion semilunare Gasseri durch und zwar ohne anderweitige Verletzung. Das erste Zeichen, dass man den Trigeminus durchschnitten hat, ist ein lauter, gellender Schrei, den das Thier ausstösst. Kaninchen sind bekanntlich nicht sehr empfindlich, man kann allerlei mit ihnen vornehmen, ohne sie zum Schreien zu bringen, aber bei dieser Operation stossen sie stets, falls sie gelungen, einen anhaltenden Schrei aus. Sieht man in diesem Augenblicke die Pupille an, so findet man sie stark verengert, später aber erweitert sie sich wieder. Jetzt handelt es sich darum zu untersuchen, ob man den Trigeminus vollständig durchschnitten hat. Zu diesem Zwecke untersucht man die Lippen an beiden Seiten mit Nadeln. Man wird bemerken, dass sowie man an die Lippenhälfte der gesunden Seite kommt, diese zurückgezogen wird, dass aber mit der Lippenhälfte der gelähmten nicht dasselbe geschieht, sondern dass sie sich, wie todt, mit der Nadel fortschieben lässt. In derselben Weise untersucht man die Hornhaut und den inneren Augenwinkel. Wenn man die Conjunctiva oder die Hornhaut der gesunden Seite mit der Nadel berührt, so tritt sofort Blinzeln ein, auf der kranken Seite ist dies nicht der Fall. Die ganze Gesichtshälfte erweist sich als empfindungslos. Wenn man aber eine Sonde in den äusseren Gehörgang hineinsenkt, so reagirt das Thier zwar anfangs darauf nicht, kommt man aber bis zu einer gewissen Tiefe, so fängt es an den Kopf zu schütteln, zum Zeichen, dass man an die Stelle gekommen, wo sich der Ramus auricularis nervi vagi verbreitet.

Wir haben eben gesehen, dass wenn der Trigeminus in der Schädelhöhle durchschnitten wird, das Thier nicht mehr blinzelt, wenn seine Cornea oder Conjunctiva gereizt wird. Das Blinzeln ist also eine Reflexbewegung, die vom Trigeminus ausgelöst wird. Dadurch ist der Trigeminus gewissermassen als Wächter des Auges hingestellt, indem er Schädlichkeiten von demselben durch den plötzlichen Verschluss der Augenlider, den er hervorruft, fernhält. Auch die schmerzhafte Empfindung des Geblendetseins rührt nicht vom Opticus, sondern vom Trigeminus her, weil die Reizung des Opticus immer nur Lichtempfindung verursachen kann, niemals Schmerz, wie die Reizung eines gewöhnlichen sensiblen Nerven.

Eine zweite Reflexbewegung, welche vom Trigeminus ausgelöst wird, ist das Niesen. Es wird zunächst von der Nasenschleimhaut ausgelöst,

wenn fremde, namentlich staubförmige, reizende Körper in die Nase hineingebracht werden. Das Niesen besteht darin, dass zuerst eine tiefe Inspiration gemacht wird, dass dann die Zunge sich an die coulissenartig von beiden Seiten hervortretenden, hinteren Gaumenbögen legt und so einen Verschluss bildet, der die Respirationswege sowohl gegen die Mundhöhle, als auch gegen die Nasenhöhle abschliesst. Dann folgt eine plötzliche, heftige, krampfhafte Exspirationsbewegung, bei der dieser Verschluss gleichzeitig nach der Mundhöhle und nach der Nasenhöhle durchbrochen wird, und hierin besteht eben das Niesen. Mit dem Umstande, dass gleichzeitig der Verschluss nach Mund und Nasenhöhle durchbrochen wird, hängt es auch zusammen, dass, wenn Jemand beim Essen vom Niesen befallen wird, gelegentlich die Bestandtheile des Bissens nicht allein zum Munde, sondern auch zur Nase hinausgeschleudert werden. Das Niesen wird auch in zweiter Reihe von den Ciliarnerven ausgelöst. Nur so kann man es erklären, dass manche Menschen, wenn sie in die Sonne sehen, oder plötzlich geblendet werden, vom Niesen befallen werden. Der Trigeminus ist aber nicht der einzige Nerv, von dem aus Niesen erregt wird. Es kann keine Reflexbewegung so leicht von so verschiedenen Orten ausgelöst werden, wie das Niesen. Es gibt fast keine Stelle der Körperoberfläche, von der aus bei empfindlichen und zum Niesen disponirten Menschen dasselbe nicht hervorgerufen werden könnte. Manche Menschen niesen bekanntlich, sobald sie sich der Zugluft aussetzen. Ja, ich habe einen Mann gekannt, der niesen musste, wenn er im Winter eine kalte Thürschnalle anfasste, und sogar oft von heftigem, anhaltendem Niesen in Folge davon befallen wurde. Das Niesen hörte auf, wenn man ihm ein Stück trockener Semmel oder Brodrinde gab, die er zerkauen konnte. Das Niesen mag aber als Reflexbewegung von welchem Ort immer ausgelöst werden, stets geht demselben eine Mitempfindung voraus, ein Gefühl von Kriebeln in der Nase, also eine Mitempfindung im Trigeminus. Es wird die Reflexbewegung des Niesens immer als Folge dieser Empfindung in der Nase vorgestellt, während sie thatsächlich dies nicht ist, sondern die Folge eines peripherischen Reizes, der an einem andern Nerven angebracht wurde, und nun später sowohl auf die Trigeminusursprünge, als auch auf die Ursprünge derjenigen motorischen Nerven übergegangen ist, welche das Niesen vermitteln. Nur insofern kann das Kriebeln in der Nase als die Ursache des Niesens angesehen werden, als es nicht unwahrscheinlich ist, dass die Erregung im Centralorgan zunächst auf Theile überging, die mit den Nerven der Nasenschleimhaut direct verbunden sind, wodurch eben das Kriebeln hervorgerufen wurde, und dass sie dann von diesen in gewohnten Bahnen auf das motorische Centrum, welches das Niesen vermittelt, fortgeleitet wurde.

Der Trigeminus löst auch zwei Reflexabsonderungen aus. Erstens die Absonderung des Speichels. Durch Reizung des Ramus lingualis nervi trigemini kann Speichelabsonderung hervorgerufen werden. Es ist bekannt, dass, wenn scharfe Sachen auf die Zunge gebracht werden, Speichelabsonderung erfolgt. Dasselbe geschieht, wenn man Hunden Essig oder eine Lösung von Weinsäure auf die Zunge spritzt. Bernard hat aber auch durch electrische Reizung des centralen Stumpfes des durchschnittenen Nervus lingualis Speichelabsonderung auf reflectorischem Wege hervorgebracht.

Die zweite Absonderung, welche der Trigeminus auslöst, ist die Thränensecretion. Wenn fremde Körper die Nasenschleimhaut reizen oder wenn die Conjunctiva durch mechanische oder chemische Mittel gereizt wird, dann ist die Folge davon, dass Thränenfluss eintritt.

Der Trigeminus gilt auch für den Secretionsnerven der Thränendrüse. In der That gibt er ja den Nervus lacrymalis, den Hauptnerven für die Thränendrüse ab, und man hat auch bei Versuchen an verschiedenen Thieren, Hunden und Schafen, sowohl vom Nervus lacrymalis als vom Subcutaneus malae aus Thränenabsonderung hervorrufen können. Wolferz gibt an, dass er auch einmal durch Reizung der Trigeminuswurzel Thränenabsonderung hervorgerufen habe. Erfolgreiche Reizung des peripherischen Theiles der durchschnittenen Trigeminuswurzel würde allerdings beweisend sein. Andererseits aber muss man gestehen, dass dieser Erfolg a priori schwer verständlich ist. Die Secretionsnerven, die wir sicher kennen, gehen mit motorischen Nerven aus dem Centralorgane heraus. Das passt vollkommen in den Kreis unserer Vorstellungen, da ja diese Nerven, wie die motorischen, Impulse centrifugal leiten. Wie ist es nun hier beim Trigeminus? Wir wissen, dass die ganze motorische Portion desselben mit dem dritten Aste zur Schädelhöhle herausgeht. Es können also keine Fasern, welche mit der motorischen Wurzel hervorgetreten sind, zur Thränendrüse gelangen. Sollte es sich nicht bestätigen, dass man vom peripheren Stücke der durchschnittenen Wurzel des Trigeminus aus Thränenabsonderung erzielen kann, so wäre es nicht unmöglich, dass sowohl die Fasern im Lacrymalis, als die im Subcutaneus malae entliehen sind. In der That ist Reich bei Reizung des peripherischen Stückes der durchschnittenen Trigeminuswurzel nur zu negativen Resultaten gelangt. Seine Versuche sprachen aber auch noch in anderer Hinsicht gegen die Annahme, dass die Secretionsnerven der Thränendrüse aus der Trigeminuswurzel stammen. Wenn man einem Kaninchen flüchtiges Senföl mit wenig Weingeist gemischt in das Nasenloch oder den Conjunctivalsack einer Seite einführt, so bekommt man Thränenerguss auf beiden Seiten. Dies geschah auch noch, nachdem auf der andern Seite der Trigeminus in der Schädelhöhle vollständig durchschnitten worden war, also Fasern, welche in ihm zur Thränendrüse verliefen, nicht mehr vom Centrum aus erregt werden konnten. Der Reflex musste also in andere Bahnen übertragen worden sein. Reich macht es auf dem Wege des Ausschliessens wahrscheinlich, dass die Nerven, welche die Thränensecretion direct einleiten, aus dem verlängerten Marke stammen und auf sympathischen Bahnen in den Trigeminus hinein gelangen.

In Folge der Durchschneidung des Trigeminus treten noch gewisse Erscheinungen auf, welche wir hier betrachten müssen. Zunächst trübt sich nach verhältnissmässig kurzer Zeit die Cornea. Das Auge injicirt sich, es treten alle Erscheinungen einer Augenentzündung auf. Dieselbe wird immer stärker, und wenn ihren weiteren Fortschritten nicht vorgebeugt wird, so geht sie in Panophthalmie über und das Auge geht zu Grunde. Auch die Nasenschleimhaut auf der Seite, wo der Trigeminus durchschnitten wurde, pflegt sich zu röthen. Endlich treten an bestimmten Stellen an der Lippe und dem Zahnfleische neben den Backenzähnen Geschwürsbildungen auf.

Alle diese Erscheinungen hat man ursprünglich als sogenannte neuroparalytische aufgefasst. Man nannte diese Augenentzündung eine neuroparalytische und war überzeugt, dass sie dadurch entstehe, dass trophische Nerven mit dem Trigeminus durchtrennt sind, und dass deshalb, wie man sich ausdrückte, Ernährungsstörungen in den betreffenden Theilen eintraten. Man fand sich in dieser Idee dadurch bestärkt, dass man auch beim Menschen nach Durchschneidung einzelner Aeste des Trigeminus theilweise Nekrotisirungen von Geweben, Exfoliationen von Knochen u. s. w. beobachtet. Der Trigeminus ist bekanntlich der Sitz einer sehr heftigen Neuralgie, des sogenannten Tic douloureux, und man hat mehrfach Aeste desselben durchschnitten, um die Schmerzen der Patienten zu lindern. In Folge solcher Operationen hat man diese Nekrotisirungen beobachtet. Nun ist aber seitdem eine Reihe von solchen Operationen ausgeführt worden, bei denen man nichts davon gesehen, und andererseits haben auch die Erscheinungen, welche an operirten Kaninchen beobachtet wurden, durchweg eine anderweitige Erklärung gefunden.

Zunächst hat Snellen gezeigt, dass die Ophthalmie, welche eintritt, nur von äusseren Schädlichkeiten abhängt, welche jetzt, da die Empfindung und die Reflexbewegung dem Auge mangelt, nicht mehr abgehalten werden. Er verschloss das Auge und fand, dass, wenn er die Augenlider miteinander vereinigte, und das Auge so geschützt hatte, die Augenentzündung langsamer verlief. Aber nichtsdestoweniger trat sie noch ein. Er kam dann darauf, dass er seinen Versuch noch nicht mit allen Cautelen angestellt habe. Die Haut der Augenlider war ja unempfindlich, also wenn auch der Staub vom Innern des Auges abgehalten war, so konnte sich das Thier doch noch mit dem Auge anstossen und reiben, ohne davon schmerzhafte Empfindungen zu haben. Er sagte sich also: Ich muss einen neuen Wächter vor das Auge hinstellen, und diesen fand er in dem Ohre des Kaninchens. Wir haben gesehen, dass zur Aussenfläche des Ohres des Kaninchens Cervicalnerven hingehen, und dass dieses daher seine Empfindlichkeit behält, wenn auch der Trigeminus durchschnitten ist. Er nahm also das Ohr und nähte es über das Auge herüber, und nun trat die Trigeminusophthalmie nicht ein. In ähnlicher Weise hat man derselben dadurch vorgebeugt, dass man einen kleinen Hut auf dem Auge des Kaninchens befestigte, so dass weder Staub in dasselbe eindringen, noch auch das Thier sich anstossen und so das Auge insultiren konnte.

Es ist wohl kaum zu bezweifeln, dass auch die Röthung der Nasenschleimhaut daher rührt, dass Staub und andere fremde Körper, die in die Nase eindringen, keine Reflexbewegung hervorrufen und also nicht sofort ausgestossen werden.

Auch die Geschwürsbildungen an den Lippen, an dem Zahnfleische und am Gaumen rühren von mechanischen Insulten her. Die Kaninchen als Nagethiere nützen bekanntlich ihre Schneidezähne fortwährend ab, und dieselben wachsen allmälig wieder nach. Die Schneide bleibt hiebei gerade gerichtet, so lange das Thier mit seinen Zähnen gerade aufeinander beisst. Wenn aber der Trigeminus durchschnitten ist, so sind die Kaumuskeln, also auch die M. pterygoidei an der einen Seite gelähmt, und in Folge dessen beisst das Kaninchen nicht mehr gerade, sondern schief aufeinander. Seine Zähne beissen sich nun nicht mehr gerade, sondern schief ab.

Dadurch kommt aber an der einen Seite eine Spitze zum Vorschein, und diese stösst an die Lippe an. Die Folge davon ist, dass nach und nach durch das stete Anstossen eine kleine Abschürfung und dann ein Geschwür erzeugt wird, gerade so, wie manchmal bei Menschen durch Ecken von cariösen Zähnen solche Geschwüre an der Zunge hervorgerufen werden. Nun stehen aber auch die Backenzähne nicht gerade aufeinander und deshalb beissen sich auch diese schief ab. Es entstehen hervortretende Spitzen, die an der Innenseite der Backenzähne an das Zahnfleisch, da wo es in den Gaumen übergeht, anstossen und auf mechanischem Wege Geschwürsbildung hervorrufen.

Alle diese Erscheinungen, welche man nach der Durchschneidung des Trigeminus beobachtet hat und die man früher als neuroparalytische auffasste, kann man heutzutage nicht mehr als solche deuten. Man hat früher behauptet, diese Erscheinungen treten sämmtlich nicht ein, wenn man den Trigeminus zwischen Hirn und Ganglion gasseri mit sorgfältiger Schonung des letzteren durchschnitten. Diese Behauptung ist unrichtig: Bernard fand, dass nach solcher Durchschneidung die Augenentzündung schon in vollem Gange war, während sich keine Spur von Degeneration der Nervenfasern auffinden liess.

Eine Angabe von J. Merkel will ich nicht unerwähnt lassen. Er sagt, es sei ihm in einem Falle gelungen, den Trigeminus an der Wurzel so zu durchschneiden, dass eine vom vorderen Vierhügelganglion stammende Fasergruppe, die Meynert zuerst als zum Trigeminus gehörig beschrieb, unverletzt blieb. Hier sei vollständige Anästhesie, aber nur eine vorübergehende trophische Störung entstanden. Er sieht deshalb diese Fasergruppe als die trophische Wurzel des Trigeminus an.

Man hat eine Zeitlang dem Trigeminus einen wesentlichen Einfluss auf die Sinneswahrnehmungen zugeschrieben, man sah ihn gewissermassen als einen Hülfsnerv für die sämmtlichen Sinnesnerven an. Diese Anschauungsweise hat sich aber nicht als haltbar bewiesen.

Was zunächst das Gesicht anbelangt, so besteht dasselbe fort, solange die Cornea noch durchsichtig ist. Es haben sich mehrere namhafte Physiologen durch directe Versuche überzeugt, dass die Thiere noch sehen und, wie es scheint, in normaler Weise sehen, wenn auch der Trigeminus auf beiden Seiten durchschnitten ist. Auch beim Menschen hat man bei Trigeminuslähmung keine Störung der Gesichtsempfindung als solcher beobachtet.

Auch die Angaben über den Verlust des Gehörs bei Trigeminusdurchschneidung haben sich nicht bestätigt. Wenn die Operation in der gehörigen Weise ausgeführt ist, wenn der Nervus acusticus dabei nicht verletzt wurde, so ist auch das Gehör nach wie vor vorhanden.

Ob der Geruch vorhanden ist, lässt sich an Thieren kaum mit solcher Gewissheit entscheiden. Die Versuche, auf Grund derer man eine Mitwirkung des Trigeminus beim Geruche annahm, rechtfertigen diesen Schluss nicht. Es ist hier wiederum mit Substanzen experimentirt worden, die hauptsächlich durch Empfindungen wirken, welche an und für sich durch den Trigeminus vermittelt werden. Es wurden z. B. Aetzammoniak und Essigsäure angewendet. Wenn ein Thier vor einer Ammoniakflasche zurückfährt, so thut es dies zunächst nicht, weil ihm der Geruch desselben unangenehm wäre, sondern, weil ihm Schmerz erzeugt wird.

Wenn also ein Kaninchen, dem der Trigeminus auf beiden Seiten durchschnitten ist, nicht so vor dem Ammoniak zurückscheut, wie ein gesundes, so beweist dies nicht, dass es seinen Geruch verloren hat. An Menschen sind anscheinend ganz vollständige Trigeminuslähmungen beobachtet worden, bei denen der Geruch auch noch auf der kranken Seite vorhanden war.

Es bleibt noch übrig von dem Geschmackssinn zu sprechen. Wir werden später sehen, dass der Hauptgeschmacksnerv der Nervus glossopharyngeus ist, und dass durch ihn nach den Versuchen von Stannius namentlich die Geschmacksempfindung des Bitteren ausschliesslich vermittelt wird. Stannius fand, dass Kätzchen, denen er den Glossopharyngeus auf beiden Seiten durchschnitten hatte, Milch, welche mit schwefelsaurem Chinin bitter gemacht war, ebenso nahmen, wie andere Milch. Nichtsdestoweniger zeigte sich beim Menschen, wenn der Ramus lingualis nervi trigemini auf einer Seite durchschnitten war, vollständiges Aufhören der Geschmacksempfindung auf derselben Seite auf dem vorderen Theile der Zunge. Es ist dabei die Geschmacksempfindung des Bitteren miteingeschlossen.

Ich habe selbst einen solchen Fall gesehen und untersucht. Es war das eine Kranke, die von Professor Weinlechner operirt wurde, wobei es nicht hatte vermieden werden können, mit einer zu exstirpirenden Geschwulst auch ein Stück aus dem Ramus lingualis nervi trigemini auszuschneiden. Der hintere Theil der Zunge konnte wegen Verengerung der Mundspalte nicht mit Sicherheit untersucht werden. Auf dem vorderen Theile derselben zeigte sich die kranke Seite vollständig ohne Geschmacksempfindung. Die Kranke sprach sich auch sehr bestimmt darüber aus. Wenn man ihr schwefelsaures Chinin auf die gesunde Seite einpinselte, so nahm sie es sofort wahr. That man dasselbe auf der kranken Seite, so bemerkte sie davon nichts. Gab man ihr aber Wasser, sich den Mund auszuspülen, so schmeckte sie deutlich, wie sich das Chinin im Munde verbreitete. Sie gab auch an, dass sie beim Essen wahrnehme, dass sie nur auf einer Seite der Zunge schmecke.

Es würde unrichtig sein, hieraus zu schliessen, dass die Geschmacksempfindung des Bitteren durch Fasern vermittelt werde, welche aus dem Trigeminus stammen. Es ist ja sehr möglich, dass dies Fasern sind, welche aus dem Glossopharyngeus stammen, aus diesem in die Jakobson'sche Anastomose, von da in den Nervus petrosus superficialis minor, und endlich durch das Ganglion oticum in den Lingualis übergegangen sind. Dieser Ansicht muss man sich auch in der That zuwenden, nachdem in neuerer Zeit von Lussana, Vicioli und Althaus drei Fälle von vollständiger, einseitiger Trigeminuslähmung publicirt worden sind, bei denen die Geschmacksempfindung gar nicht alterirt war. Lussana spricht deshalb dem Trigeminus jeden Einfluss auf die Geschmacksempfindung ab. Hiezu muss indessen bemerkt werden, dass darüber nicht alle gleich urtheilen, welche Gelegenheit hatten, vollständige, einseitige Trigeminuslähmungen zu beobachten. So entsinne ich mich aus mündlichen Mittheilungen von Professor Türk, dass ein Kranker auf seiner Abtheilung süsse und saure Substanzen auf der Seite, auf welcher er eine vollständige Trigeminuslähmung hatte, weniger schmeckte, als auf der gesunden.

Die Sache steht also bis jetzt so, dass man wohl sagen kann, dass die Empfindung des Bitteren ausschliesslich vom N. glossopharyngeus

vermittelt werde, man aber nicht dasselbe von allen übrigen Geschmacksempfindungen aussagen darf. Wir werden später sehen, dass wahrscheinlich die verschiedenen Geschmacksempfindungen durch verschiedene Arten von Nervenfasern vermittelt werden, dass also auch möglicher Weise nicht alle diese verschiedenen Nervenfasern in einer Wurzel zu Tage treten. In Rücksicht auf die Geschmacksempfindung des Süssen und Sauren sind, wie gesagt, die Beobachtungen nicht miteinander in Einklang. Man muss bei der Empfindung des Sauren bemerken, dass diese vielleicht keine reine Geschmacksempfindung sei, sondern dass auch Gefühlsnerven mit an der Sensation des Sauren, wenigstens, wenn dieselbe stärker ist, Theil haben können. Hieran schliesst sich die Bemerkung, dass Kranke, welche die Geschmacksempfindung durch Verletzung des Lingualis verloren haben, präcis und unaufgefordert angeben, dass sie auf der einen Hälfte der Zunge nicht schmecken, während bei Geschmackslähmungen, bei denen die Sensibilität der Zunge vollständig erhalten ist, das nicht schmeckende Gebiet erst durch Versuche in seiner Ausdehnung ermittelt und begrenzt werden muss. Manchmal weiss der Kranke gar nichts von seiner theilweisen Geschmackslähmung, dieselbe wird erst durch die ärztliche Untersuchung ermittelt.

Die Trigeminuslähmung beim Menschen ist äusserlich nicht durch auffallende Erscheinungen charakterisirt. Im Zustande der Ruhe fällt die Lähmung der Kaumuskeln an der einen Seite nicht auf, indem der Mensch noch gerade auf einander beisst. Man kann sich aber von der Lähmung derselben überzeugen, wenn man die Finger auf die beiden Schläfenmuskeln oder auf die beiden Masseteren setzt und nun den Kranken zusammenbeissen lässt. Dann fühlt man deutlich, wie auf der gesunden Seite die Muskeln sich contrahiren, und wie sie dies auf der gelähmten Seite nicht thun. Gibt man dem Kranken etwas zu kauen, so zeigt sich die Lähmung deutlich an der ungleichmässigen Bewegung der Kiefer. Da das Kauen auf der gesunden Seite stattfindet, so wälzt der Kranke mit der Zunge die Theile des Bissens, die auf die andere Seite gerathen sind, nach der gesunden zurück. Ferner zeigt sich im Gebiete des Trigeminus Empfindungslosigkeit. Man kann förmlich an ihr die Ausbreitung der Lähmung auf Haut- und Schleimhautoberfläche abtasten und so ermitteln, ob alle Aeste gelähmt sind oder nur einer oder zwei. Dabei zeigt sich auch der Mangel der Reflexbewegungen, den wir bereits besprochen haben.

Nervus facialis seu communicans faciei.

Der Nervus facialis entspringt unter dem Boden des vierten Ventrikels. Von den Ganglienzellen, aus denen er seinen Ursprung nimmt, gehören die oberen dem Facialis-Abducens-Kern von Stilling an, aus dem auch der Nervus abducens seinen Ursprung nimmt. Die unteren bilden den sogenannten unteren Facialiskern zu beiden Seiten der Mittellinie. Da der Nerv, nachdem er zu Tage getreten ist, sich hart an den Nervus acusticus anlagert und mit diesem in den Meatus auditorius internus eintritt, so sahen die alten Anatomen den Facialis und Acusticus als ein Nervenpaar an, das sie in eine Portio dura, den jetzigen Facialis, und eine Portio mollis, den jetzigen Acusticus eintheilten. Zwischen beiden unterschied später Wrisberg noch ein mittleres Bündel, welches dem

Facialis beitritt und mit dem Namen der Portio intermedia Wrisbergii bezeichnet wird. Die Function dieses mittleren Bündels kennen wir nicht, wir wissen nicht mit Sicherheit, welche von den Facialisfunctionen demselben zuzuschreiben sind.

Der Facialis führt in seinem Verlaufe zahlreiche sensible Fasern, welche er grösstentheils dem Trigeminus, zum Theil auch dem Vagus entlehnt hat. Wenn man den Trigeminus in der Schädelhöhle durchschnitten hat, so wird der Stamm des Facialis bei seinem Austritte aus dem Foramen stylomastoideum noch nicht ganz unempfindlich gefunden. Schon Longet leitete diesen Rest von Empfindlichkeit vom Vagus her, und zu demselben Resultate ist später auch Bernard durch seine Versuche gelangt.

Der Facialis versorgt die sämmtlichen Muskeln, welche dem mimischen Ausdrucke des Gesichtes vorstehen, mit Einschluss des Buccinator. Ausserdem gibt er einen Ast zum Stylohyoideus und versorgt den hinteren Bauch des Digastricus. Dann gibt er hoch oben schon einen kleinen Ast ab, welcher zum M. stapedius geht. Die beiden Muskeln des inneren Ohres werden also von verschiedenen Nerven versorgt. Der M. mallei internus von der motorischen Portion des Trigeminus, der M. stapedius vom Facialis. Ferner gibt er Aeste ab zu den Muskeln des äusseren Ohres zum M. occipitalis und dem Platysma myoides, wohin übrigens auch Cervicalnerven gehen, endlich zu den Muskeln des Gaumensegels. Auch zur Zunge sendet der Facialis, wie die Untersuchungen von Bernard und von Vulpian ergeben haben, motorische Fasern und zwar auf dem Wege der Chorda tympani. Zu den Muskeln des Gaumensegels gelangt er in der Bahn des Nervus petrosus superficialis major, der vom Genu nervi facialis kommt, den Vidischen Nerven bilden hilft, und als Bestandtheil desselben in das Ganglion sphenopalatinum übergeht. Durch dieses begeben sich die Facialisfasern nach abwärts in das Gaumensegel. Man weiss nicht mit Sicherheit, welche Muskeln des Gaumensegels von ihnen versorgt werden. Zunächst, wie es scheint, der Levator palati mollis und der Azygos uvulae. Es ist schwer, den Verbreitungsbezirk des Facialis in den Muskeln des Gaumensegels mit Bestimmtheit zu begrenzen, weil die letzteren auch von anderen Quellen Nervenfasern erhalten. Nach Schlemm und Wolfert gibt der Glossopharyngeus den Ramus petrosalpingostaphylinus an den Levator palati mollis, und Sanders fand bei Facialislähmung den Levator palati mollis nur unvollkommen gelähmt, den M. palatoglossus und M. palatopharyngeus gar nicht, obgleich auf der kranken Seite Taubheit eingetreten war, so dass er auf eine hoch oben liegende Lähmungsursache schloss.

Der N. facialis ist ferner der Secretionsnerv der Speicheldrüsen. Bekanntlich entdeckten Ludwig und Rahn, dass die Speicheldrüsen nur dann secerniren, wenn ihre Nerven erregt werden. Sie beobachteten dies zunächst an der Glandula submaxillaris. Der Weg, den die Facialisfasern dahin nehmen, wurde später näher bestimmt als der Weg der Chorda tympani. Diese geht vom Facialis ab, macht ihren Weg durch die Trommelhöhle, legt sich an den N. lingualis an, geht von demselben wieder ab, um in das Ganglion submaxillare seu linguale Meckelii einzutreten, und von diesem gehen die Nerven in die Glandula submaxillaris hinein. Als Bernard die Chorda in der Trommelhöhle durchschnitten

hatte, konnte er auf reflectorischem Wege die Secretion dieser Speicheldrüse nicht mehr anregen, er konnte sie aber noch anregen wenn er die Chorda oder den Lingualis, da wo er mit derselben vereinigt ist, reizte.

Ausserdem gehen aber auch Fäden des Sympathicus vom carotischen Geflechte zum Ganglion maxillare, und in der That gehen auch Sympathicusfasern in die Drüse hinein, so dass man auch vom Sympathicus aus Speichelabsonderung erregen kann. Ludwig fand schon, dass der Facialis nicht der einzige Nerv sei, von welchem aus Speichelsecretion hervorgerufen werden kann. Er fand, dass dies auch durch Reizung des Sympathicus geschähe, aber in viel geringerem Grade, als durch Reizung des Facialis. Da beobachtete Czermak, dass, wenn man Speichelabsonderung durch Reizung des Facialis hervorruft und dann den Sympathicus reizt, die Secretion nun abnimmt. Sie wird nicht ganz aufgehoben, sie wird aber viel geringer, als vor der Reizung des Sympathicus. Man kann sich dies so erklären, dass durch den Sympathicus der Drüse zweierlei Fasern zugehen, erstens solche, welche die Secretion erregen und zweitens solche, welche die Gefässe verengern. Wir wissen ja, dass im Sympathicus die vasomotorischen Nerven für das Carotidensystem verlaufen. Nun hat Bernard früher gezeigt, dass während der Facialis oder die Chorda gereizt wird, und die Drüse secernirt, aus der durchschnittenen Vene das Blut reichlicher und weniger dunkelroth herausfliesst, dass es dagegen viel spärlicher und viel dunkler venös gefärbt aus der Vene der nicht secernirenden Drüse abtröpfelt. Es ist also klar, dass bei der durch den Facialis angeregten Secretion das Blut reichlicher durch die Gefässe der Drüse hindurchfliesst und zwar mit einer gewissen Geschwindigkeit, was sich darin zeigt, dass das Blut so unvollständig desoxydirt wurde. Wenn nun durch die Reizung des Sympathicus die Gefässe sich zusammenziehen, so wird dadurch die Blutzufuhr zur Drüse vermindert und daher die Secretion, die durch den Facialis eingeleitet wurde, beeinträchtigt. Schwieriger ist es zu erklären, dass, wie angegeben wird, durch Reizung des Sympathicus bei gleichzeitiger Reizung der Chorda oder des Facialis die Secretion unter dasjenige Maass herabgedrückt werden kann, welches durch Reizung des Sympathicus allein erreicht wird.

Eckhard und später Grützner fanden, dass auch durch Reizung der Medulla oblongata Speichelsecretion hervorgebracht werden kann, so lange die Chorda erhalten ist stärkere, nach ihrer Durchschneidung schwächere. Ist auch noch der Sympathicus durchschnitten, so erhält man gar keine Secretion mehr. Es können hiernach nicht nur die durch den Facialis gehenden, sondern auch die durch den Sympathicus gehenden Secretionsnerven der Glandula submaxillaris von der Medulla oblongata aus erregt werden.

Der Facialis ist aber nicht blos der Secretionsnerv für die Submaxillaris, sondern auch für die Parotis. Er sendet ihr gleichfalls seine Fasern auf Umwegen und zwar nach den Untersuchungen, welche in neuerer Zeit in Heidenhain's Laboratorium von Nawrocki angestellt worden sind, durch den N. petrosus superficialis minor in das Ganglion oticum und von da in den N. auriculotemporalis, von wo aus sie zur Parotis verlaufen. Daraus erklärt es sich, dass Bernard den Facialis da, wo er aus dem Foramen stylomastoideum heraustritt, durchschneiden konnte, ohne dass die Speichelsecretion aufgehoben wurde.

Wir haben gesehen, dass schon **Bernard** wahrnahm, wie bei Reizung der Chorda tympani das Blut aus der durchschnittenen Vene der Glandula submaxillaris reichlicher und heller roth floss. **Vulpian** hat später gefunden, dass sich zugleich die ganze Zungenhälfte derselben Seite reichlicher mit Blut anfüllt und dabei die Vena ranina, wenn sie angeschnitten wird, dieselbe Erscheinung zeigt, wie die Vene der Glandula submaxillaris. Die Gefässe erweitern sich also, wenn die Chorda gereizt wird. Da es keine Muskelfasern gibt, welche die Gefässe erweitern können, so bleibt uns nur übrig anzunehmen, dass gewisse Chordafasern den vasomotorischen Nerven gegenüber hemmend wirken und so den Tonus, das heisst den gewöhnlichen Contractionsgrad der Gefässmuskeln, temporär herabsetzen. Wahrscheinlich gibt es dergleichen Gefässhemmungsnerven für viele andere Gefässe, vielleicht für alle; aber es bietet sich nicht leicht anderswo eine solche Gelegenheit, ihre Existenz direct zu erweisen, wie hier, wo sie gereizt werden können, ohne dass die vasomotorischen, die verengernden Nerven mitgereizt werden.

Die Lähmung des N. facialis zeigt sich in sehr auffallenden Erscheinungen. Zunächst ist es klar, dass die Muskeln, welche den mimischen Gesichtsausdruck vermitteln, auf der kranken Seite gelähmt sind. Die Folge davon ist, dass an der gelähmten Seite die Stirne glätter erscheint, dass der Nasenflügel daselbst abgeflacht, dass die Mundspalte um etwas nach der andern Seite herübergezogen ist. Diese Erscheinungen werden viel auffälliger, wenn der Kranke zu sprechen oder zu lachen anfängt, indem sich dann die Muskeln der gesunden Seite activ zusammenziehen und so die Mundspalte nach der gesunden Seite herüberzerren. Das Auge kann nicht geschlossen werden, weil der M. orbicularis palpebrarum seinen Dienst versagt. Es ist dies der sogenannte Lagophthalmus paralyticus. Der Kranke kann also auch nicht sein Auge durch Blinzeln abwischen. Er muss durch Contraction des M. rectus superior das Auge nach aufwärts rollen, um es unter das obere Augenlid zu bringen. Schiefstellung des Gaumensegels, namentlich der Uvula, ist in einigen, aber nicht in allen Fällen beobachtet worden. Es ist dies begreiflich, weil die meisten Facialislähmungen ihren Grund haben in einer Compression, welche der Nerv irgendwo während seines langen Verlaufes durch den Canalis Fallopiae erleidet, die Nerven für das Gaumensegel aber schon vom Genu nervi facialis abgehen. Es sind überhaupt die Angaben über Schiefstellung der Uvula in jedem einzelnen Falle mit Vorsicht aufzunehmen. Die Einen geben an, die Uvula sei nach der kranken, die andern sie sei nach der gesunden Seite abgelenkt gewesen. Es ist möglich, dass dies wirklich in verschiedenen Innervationsstörungen seinen Grund hat. Es ist aber auch möglich, dass bei einem Theile der betroffenen Individuen die Uvula von vorne herein schief gestanden hatte. Untersucht man den Rachen bei verschiedenen Personen, so wird man viele finden, bei denen die Uvula nicht in der Mittellinie steht, sondern nach der einen oder anderen Seite geneigt ist. Die Schlingbeschwerden, die etwa durch Lähmung des Gaumensegels hervorgerufen werden konnten, sind entweder gar nicht vorhanden gewesen oder waren von keiner besonderen Bedeutung.

Eine sehr merkwürdige Complication mancher Facialislähmungen ist theilweise Geschmackslähmung. Man kennt sie bis jetzt nur an solchen Fällen, in denen der Facialis comprimirt war in einer Höhe, in der

er die Chorda tympani noch nicht abgegeben hatte. Wir werden von ihr noch beim Nervus glossopharyngeus sprechen.

Auch Gehörsstörungen sind beobachtet worden. Bei Einigen heisst es, die Kranken hätten auf der gelähmten Seite schlechter gehört oder seien taub gewesen, was auf Compression des Acusticus zu beziehen ist. In andern Fällen soll aber die sogenannte Hyperacusis Willisiana beobachtet worden sein, das heisst eine eigenthümliche, schmerzhafte Empfindlichkeit gegen stärkere Geräusche, was vom Schlottern des Steigbügels im ovalen Fenster abgeleitet wird. Es muss aber bemerkt werden, dass dies nur selten beobachtet wurde, was vielleicht damit zusammenhängt, dass der N. stapedius verhältnissmässig hoch oben vom Facialis abgeht.

Die Lähmung des Facialis ist wegen des Verlaufes des Nerven durch einen langen engen Knochencanal bei weitem die häufigste von allen Hirnnervenlähmungen. Da sie schon durch blosse Schwellung der Beinhaut in demselben zu Stande kommt, so ist die Prognose im Allgemeinen eine günstigere und gibt nicht zu den düsteren Rückschlüssen Veranlassung, zu welchen die Lähmungen anderer Hirnnerven zumeist auffordern. Wenn indessen die Lähmung des Facialis eine bleibende ist, dann ist sie keineswegs ein so unbedeutendes Uebel. Abgesehen von der Entstellung, die sie mit sich bringt, und die sich im Laufe der Zeit noch vermehrt, indem die gelähmten Theile durch den Zug der Schwere immer mehr schlaff und hängend werden, kann sie mit der Zeit das Auge benachtheiligen, weil es nicht in seiner gewöhnlichen Weise durch das obere Augenlid geschützt ist. Namentlich ist Thränenträufeln und Neigung zu Entzündungen der Bindehaut als häufige Folgeerscheinung beobachtet worden. Auch der mangelhafte Lippenverschluss und in Folge davon leichtes Verschütten von Getränk ist den Betroffenen oft sehr lästig.

In der Jugend erworbene und bleibende Facialislähmung zieht noch andere Folgen nach sich.

Ich habe im April des Jahres 1872 zwei Kaninchen, die bis auf etwas mehr als die Hälfte ihrer späteren Länge erwachsen waren, den Facialis auf einer Seite ausgerissen und habe sie dann aufwachsen lassen. Im Laufe des Winters sind sie von Herrn Schauta untersucht worden, und zwar erst lebend, dann todt, um die Veränderungen zu constatiren, die am Kopfe derselben zu beobachten waren. Es zeigte sich zunächst an diesen Thieren eine auffallende Veränderung des Gesichtes. Die Mundspalte war nicht nach der gesunden Seite verzogen, wie dies bei Menschen mit Facialislähmungen der Fall ist, sondern es war die Mundspalte und die ganze Schnauze nach der gelähmten Seite hingerückt. Auch die Vorderzähne sowohl im Oberkiefer als im Unterkiefer standen schief. Als die Thiere behufs der Untersuchung mit dem electrischen Strome rasirt worden waren, fanden sich auf der kranken Seite Falten, welche senkrecht standen auf einer Linie, die man sich vom Auge zum Mundwinkel gezogen denkt. Die Haut war also nicht zu kurz, es musste etwas unter der Haut liegen, was das Maul herüberzog. Bei der Untersuchung mit dem electrischen Strome zeigte sich die gelähmte Seite im hohen Grade unterempfindlich gegen Inductionsströme, dagegen zeigte sie sich im mässigen Grade überempfindlich gegen das Schliessen und Oeffnen eines constanten Stromes. Es stimmt dies ganz mit den Beobachtungen überein, welche zuerst Beierlacher und dann Benedict Schulz über ältere Facialis-

lähmungen am Menschen veröffentlicht haben. Wir wissen jetzt, dass es davon herrührt, dass die nervenlosen Muskeln zwar durch electrische Ströme erregt werden, dass sie aber durch so kurzdauernde electrische Ströme, wie die Inductionsströme, viel schwerer erregt werden als die Nerven und also auch als solche Muskeln, deren Nerven noch erregbar sind. Nachdem diese Untersuchungen am lebenden Kaninchen beendet waren, wurden die Thiere getödtet und zunächst die Muskeln untersucht. Bei dem einen Kaninchen war der Querschnitt der Muskeln auf der kranken Seite nicht wesentlich verschieden von dem der Muskeln der gesunden Seite, und es zeigten sich auch keine Erscheinungen von Atrophie oder Entartung an denselben. Anders verhielt es sich mit dem andern Kaninchen, das zwei Monate länger nach der Operation gelebt hatte. Bei diesem waren die Muskeln der gelähmten Seite dünn und atrophisch, und es zeigte sich auch in der mikroskopischen Structur die regressive Metamorphose deutlich ausgeprägt. Es hatte also hier die Ernährung der Muskeln die Integrität der Nerven sehr lange Zeit überdauert. Die Nerven degeneriren bei warmblütigen Thieren und beim Menschen im Laufe der ersten oder am Anfange der zweiten Woche, wenn sie so excidirt wurden, dass sie sich nicht wieder mit den Stämmen, von denen sie getrennt wurden, vereinigen können.

Die Speicheldrüsen waren auf der gelähmten Seite kleiner und leichter als auf der andern, so dass demnach ihre Entwickelung unter der frühzeitigen Zerstörung ihres Hauptsecretionsnerven gelitten hatte.

Das Auffallendste und Räthselhafteste war eine Veränderung in dem Knochenbaue des ganzen Schädels. Es war der Schädel gewissermassen nach der gelähmten Seite gekrümmt, das heisst, wenn man sich die Mittelebene durch den Schädel gelegt denkt, so war diese bei den operirten Thieren keine Ebene, sondern eine Fläche, welche nach der gesunden Seite convex, nach der kranken concav war. Diese Veränderung war an beiden Schädeln wahrnehmbar und zwar sowohl am Ober-, als am Unterkiefer. An dem einen Schädel war sie auffallender als an dem andern.

Nervus glossopharyngeus.

Der Kern dieses Nerven liegt vor dem des Vagus, das heisst, wenn man vom Rückenmarke gegen das Hirn rechnet, nach aufwärts vom Vaguskerne, so dass er eine Fortsetzung desselben genannt werden kann. Er liegt nicht so oberflächlich wie dieser, sondern etwas tiefer. Von den zu Tage tretenden Wurzelfasern des N. glossopharyngeus bildet ein Theil ein kleines Ganglion, während der andere Theil der Fasern an diesem Ganglion vorübergeht und sich daran nicht betheiligt. Dieses kleine, stecknadelkopfgrosse Ganglion ist von Ehrenritter entdeckt worden. Es gerieth dann in Vergessenheit und wurde später von Johannes Müller wieder gefunden. Es führt den Namen des Ehrenritter-Müller'schen Ganglions. Dann bildet der Glossopharyngeus in der Fossula petrosa das Ganglion petrosum seu Anderschii.

In Rücksicht auf diese Ursprungsweise hat sich ein Streit darüber erhoben, ob der Glossopharyngeus ein gemischter Nerv sei, d. h. gemischt aus centripetal- und centrifugalleitenden Bahnen, oder ob er ausschliesslich aus centripetalleitenden Bahnen bestünde. Die letztere Ansicht war die

herrschende, als Johannes Müller dafür eintrat, dass der Glossopharyngeus ein gemischter Nerv sei. Er berief sich wesentlich darauf, dass das von ihm wiederentdeckte Ganglion das eigentliche Wurzelganglion des Nerven sei, und dass es nur einen Theil der Fasern umfasst, während die andern an demselben vorbeigehen. Longet erklärte sich später wieder für die alte Ansicht und berief sich darauf, dass alle Fasern des N. glossopharyngeus aus der Verlängerung des Sulcus collateralis posterior austreten und dass er ja auch ein zweites Ganglion bilde, und wenn ein Theil der Fasern sich wirklich nicht an einem Ganglion betheilige, so könne dies daher rühren, dass der N. glossopharyngeus gemischt sei, aber nicht aus einem sensiblen und einem motorischen, sondern aus einem Tastnerven und einem Geschmacksnerven. Es sei ja nicht sicher, dass die Geschmacksnerven sich, wie die hinteren Rückenmarkswurzeln, an der Bildung eines Wurzelganglions betheiligen.

Bis dahin hatte man nur immer die Reizversuche am Halstheile des Glossopharyngeus vorgenommen. Es konnte also ungewiss sein, ob die Muskelcontractionen, die man hier erzielt hatte, wirklich von den Fasern des letzteren herrühren oder nicht. Jetzt muss man, wenn man nicht geradezu die Angaben guter und gewissenhafter Beobachter leugnen will, zugeben, dass die Ansicht von Johannes Müller die richtige ist, indem angegeben wird, dass auf Reizung der Wurzel Contractionen im M. stylopharyngeus, im Constrictor pharyngis medius, im Levator palati mollis und im Azygos uvulae erzielt worden seien. Wir sehen hier also eine zweite Quelle für die motorische Innervation des weichen Gaumens, die erste haben wir im N. facialis kennen gelernt.

Im Uebrigen ist der N. glossopharyngeus wenigstens in Rücksicht auf seinen Zungenast vor Allem Geschmacksnerv. Er verbreitet sich vorwiegend im hinteren Drittheile der Zunge, und versieht die Papillae circumvallatae. Er gibt aber auch einen von Hirschfeld entdeckten Ast ab, der in der Zunge fortläuft und bis an den vordersten Theil derselben gelangt. Wir haben ferner gesehen, dass auch der Ramus lingualis N. trigemini wahrscheinlich der Zunge Glossopharyngeusfasern zuführt. Der Glossopharyngeus wird von Vielen für den ausschliesslichen Geschmacksnerven gehalten. In Rücksicht auf die Geschmacksempfindung des Bitteren ist hierüber auch kaum Zweifel vorhanden. Nicht ganz so steht es, wie bereits erwähnt wurde, in Rücksicht auf die Empfindung des Süssen und Sauren, indem nach einigen Beobachtern Individuen, bei denen der Trigeminus, nicht aber der Glossopharyngeus gelähmt war, süsse und saure Substanzen auf der gelähmten Seite schwächer schmeckten, als auf der gesunden. Ferner erzählt Bernard von einem Falle von Facialislähmung, in dem Citronensäure, die man auf die gesunde Seite einstrich, schneller als auf der kranken Seite gespürt wurde. Bernard leitet dies von der Lähmung der Chorda tympani ab, und er will beobachtet haben, dass, wenn er Hunden die Chorda tympani in der Trommelhöhle zerstört hatte, sie auf die kranke Seite gebrachte Weinsäure weniger rasch bemerkten, als auf der gesunden Seite. Auch von Duchenne und von Romberg sind Fälle beschrieben worden, welche für eine Betheiligung der Chorda an den Geschmacksempfindungen sprechen. Wenn dergleichen Geschmacksfasern in der Chorda tympani verlaufen und durch diese zur Zunge gelangen, so muss doch ihr Ursprung noch als unbekannt

bezeichnet werden. Keinesfalls kann derselbe in der Facialiswurzel gesucht werden, mit grösserer Wahrscheinlichkeit in der des Glossopharyngeus.

Man kann kaum zweifeln, dass der N. glossopharyngeus auch ein Empfindungsnerv sei, einerseits in Rücksicht auf die Aeste, welche zur Wurzel der Zunge gehen, namentlich aber in Rücksicht auf seinen Schlundtheil. Dieser verflicht sich so mit den Aesten des Vagus, dass es schwer ist, die Functionen beider Nerven hier von einander zu trennen. Wir werden die Reflexbewegungen, die hier ausgelöst werden, nicht beim Glossopharyngeus, sondern beim Vagus abhandeln, obgleich es sich nicht mit Sicherheit sagen lässt, ob sie diesem ausschliesslich zugehören. Der Glossopharyngeus gilt ferner auch für den Hauptempfindungsnerven der Tuba Eustachii und der Trommelhöhle.

Nach Vulpian führt Reizung des N. glossopharyngeus Blutüberfüllung des hinteren Theiles der Zunge herbei. Er schreibt ihm deshalb vasodilatatorische Fasern für die hier verlaufenden Gefässe zu, das heisst solche, welche den Zusammenziehungsgrad ihrer Muskeln herabsetzen.

Nervus vagus und Nervus accessorius Willisii.

Wir müssen diese Nerven im Zusammenhange betrachten, weil ein Theil des Accessorius in seinem Verlaufe so mit dem Vagus verbunden ist, dass wir ihre Functionen nicht überall von einander trennen können. Ueber den Ursprung des Vagus in der Medulla oblongata haben wir bereits gesprochen. Der N. accessorius entspringt theils aus dem verlängerten Marke, theils aus dem Rückenmarke und zwar ganz abweichend von allen übrigen Nerven, indem er weder wie die hinteren Wurzeln, noch wie die vorderen zu Tage tritt, sondern zwischen den hinteren und vorderen Wurzeln der Spinalnerven. Seine Fasern, die im Rückenmarke zerstreut in den Seitensträngen verlaufen, sammeln sich gegen die Oberfläche der letzteren und treten hier zu Tage. Der centrale Verlauf dieser Fasern ist schief nach abwärts gerichtet, wie dies schon der äusserliche Verlauf der Accessoriuswurzeln andeutet, namentlich des Theiles, der seinen Ursprung aus dem Rückenmarke nimmt. Ja, man ist sogar der Meinung, dass die letzten Accessoriuswurzeln ihren Ursprung tief unten im Brusttheile des Rückenmarkes haben.

Der Accessorius charakterisirt sich als ein motorischer Nerv. Man hat die Wurzeln desselben zwar auch empfindlich gefunden, aber Bernard, der übrigens diese Sensibilität bestätigt, hält sie für eine recurrirende und leitet sie von Fasern sensibler Rückenmarksnerven ab, die sich an die Wurzeln des Accessorius anlegen. Der Accessorius theilt sich in einen vorderen oder inneren und in einen hinteren oder äusseren Ast. Letzterer durchbohrt den Sternocleidomastoideus, gibt ihm Aeste und verzweigt sich dann im Cucullaris. Der vordere innere Ast tritt in die Scheide des N. vagus. Wir müssen deshalb seine motorischen Eigenschaften im Zusammenhange mit denen des Vagus betrachten.

Die erste Frage, die sich uns aufdrängt, ist die, ob der Vagus in seiner Wurzel motorische Fasern führt, ob er nicht ein rein sensibler Nerv ist. Nach der älteren Ansicht, die von Bischoff und Longet vertreten wird, wäre dies der Fall, und der Accessorius wäre die motorische

Portion des Vagus. In neuerer Zeit ist man aber zu anderen Resultaten gekommen, indem man durch Reizung des Vagus an der Wurzel desselben Muskelzusammenziehungen erhalten hat und zwar im Constrictor pharyngis superior, medius und inferior, endlich auch im Oesophagus bis auf den Magen hinab, ferner im Levator palati mollis, im Palatopharyngeus und Azygos uvulae. Es muss bemerkt werden, dass zweien dieser Muskeln des weichen Gaumens auch Nerven vom Facialis und vom Glossopharyngeus zugeschrieben werden.

Es liegt uns nun ob, die motorische Wirkung des N. vagus und des N. accessorius soviel als möglich von einander zu sondern. Zunächst also, wie verhält es sich mit den Bewegungen im Schlunde und im Oesophagus? Wenn einem Thiere die beiden N. vagi am Halse durchschnitten sind, so füllt sich sein Oesophagus vollständig mit Speisen an, indem es ihm unmöglich ist, dieselben in den Magen hinabzubringen. Man kann darüber einen sehr lehrreichen Versuch anstellen. Man füttert ein Kaninchen längere Zeit mit einem und demselben Futter, so dass sich im Magen kein anderes Futter, als dieses befindet. Hierauf, nachdem die Vagi durchschnitten worden sind, gibt man ihm ein anderes und zwar ein leicht kenntliches Futter, z. B. blauen Kohl oder gelbe Rüben. Dem Thiere fällt dabei häufig, weil ihm die Reflexe fehlen, ein Theil des Futters in die Respirationswege und es geht suffocatorisch zu Grunde. Geschieht dies nicht, so tödtet man es und findet dann den Oesophagus bis zur Cardia hin mit dem neuen Futter angefüllt, dagegen im Magen nicht die geringste Quantität desselben. Bei Vögeln kann man sehr gut von einer Wunde aus, die man im Nacken macht, die beiden Vagi durchschneiden. Hat man dies gethan, so frisst das Thier, wie gewöhnlich, aber es füllt sich nur den Kropf an, in den Magen gelangt gar nichts. Man könnte glauben, dies hänge damit zusammen, dass die Reflexe fehlen, die beim Schlingen nöthig sind, während die eigentlichen Bewegungen, als solche, vom Accessorius vermittelt würden. Das ist aber nach Bernard's Versuchen nicht der Fall. Wenn die Muskeln des Oesophagus vom Accessorius innervirt würden, so müsste auch das Schlingen unmöglich werden, wenn der Accessorius auf beiden Seiten ausgerissen wird. Bernard hat ihn aber auf beiden Seiten ausgerissen und die Thiere waren nichtsdestoweniger im Stande, aus der Mundhöhle bis in den Magen hinab zu schlingen. Man muss also demnach sagen, dass zwar der Accessorius auch Muskeln innervirt, die beim Schlingen thätig sind — denn es ist Beschwerlichkeit im Schlingen, auch am Menschen, bei Accessoriuslähmung beobachtet — dass aber der Oesophagus vom N. vagus innervirt wird, so dass die Beendigung des Schlingactes wesentlich durch motorische Wirkung des N. vagus erfolgt. Das Ablaufen der Contraction über den Oesophagus erfolgt dabei nicht durch Fortpflanzung der Erregung in der Musculatur als solcher und auch nicht durch ein in der Wand des Oesophagus liegendes Ganglienystem; es erfolgt durch eine Reihe von Reflexen, die in typischer Folge im Centralorgane ausgelöst werden, denn einerseits werden durch theilweise Durchschneidung der Nerven, welche zum Oesophagus treten, entsprechende Abschnitte desselben gelähmt, andererseits hat Mossa den Oesophagus ganz durchschnitten, ja ein Stück aus demselben ausgeschnitten, und doch pflanzte sich ein im Schlunde erregter Schlingact bis zum Magen fort.

Bernard hat Thiere, denen der Accessorius ausgerissen war, längere Zeit am Leben erhalten. Die Speisen mussten also aus dem Magen fortgeschafft worden sein, und dies rechtfertigt die Annahme, dass der Vagus auch der Bewegungsnerv des Magens sei. Es muss hier noch ein älterer Versuch von Budge erwähnt werden, der in Folgendem besteht. Man legt einem Kaninchen das kleine Gehirn bloss, nimmt ihm Herz, Lungen und Zwerchfell heraus, so dass der Oesophagus und der Magen ganz frei liegen. Nun reizt man das kleine Gehirn electrisch und sieht eine Contraction ablaufen, die im Schlunde beginnt, über den Oesophagus hingeht und sich über den Magen erstreckt. Das tritt jedesmal ein, so oft die Electroden an das kleine Gehirn angelegt werden. Wenn man aber die Vagi durchschneidet, so hört diese Wirkung auf, zum Zeichen, dass dieselbe durch den Weg des Vagus zum Magen hingeführt worden ist.

Der N. vagus ist auch für den Secretionsnerven des Magens gehalten worden. Es wurde behauptet, dass, wenn die N. vagi durchschnitten seien, kein saurer Magensaft mehr abgesondert wird. Es steht dies aber im directen Widerspruche mit den Versuchen von Bidder und Schmidt und ebenso mit den von mir angestellten. Bidder und Schmidt haben bei Säugethieren die Vagi durchschnitten und hinterher nicht nur gefunden, dass noch saurer Magensaft abgesondert wurde, sondern sie haben selbst den Säuregrad desselben numerisch bestimmt. Ich habe ähnliche Versuche an Tauben und Hühnern gemacht und habe nichtsdestoweniger auch mehrere Tage nachher noch stark sauren Magensaft im Magen gefunden, dagegen niemals unverdaute Speisenreste, was doch der Fall sein müsste, wenn nach Durchschneidung der Vagi die Verdauung sistirt würde. Nach Versuchen, die später von Pinkus angestellt wurden, soll der Magensaft alkalisch werden, wenn die Vagi im Foramen oesophageum durchschnitten worden sind. Hiernach würden also dem Vagus in seinem Verlaufe die Secretionsfasern für die Labdrüsen beigesellt werden. Diese Fasern sollen aus dem Sympathicus entspringen, in den sie wahrscheinlich durch Rami communicantes eintreten.

Der Vagus und Accessorius geben auch die Bewegungsnerven für den Kehlkopf ab und es entsteht somit die Frage: wie theilen sie sich in Rücksicht auf die Innervation der Kehlkopfmuskeln? Nach der einen Ansicht, die von Bischoff aufgestellt und von Longet bestätigt wurde, ist der Accessorius der ausschliessliche Bewegungsnerv des Kehlkopfs, und der Vagus schickt nur sensible Fasern zu demselben. Sie berufen sich darauf, dass bei Ziegen, denen sie die Wurzeln des Accessorius durchschnitten, die Muskeln des Kehlkopfs sämmtlich und vollständig gelähmt waren. Anders sind die Angaben von Bernard, der sagt, dass nach Ausreissung der beiden Accessorii die Thiere zwar vollkommen stimmlos gewesen seien, dass aber der Kehlkopf wie bei der Inspiration offen gestanden habe. Wenn er dagegen den N. vagus am Halse durchschnitten hatte, wo er die Accessorius- und die Vagusfasern zusammenführt, dann seien auch die Kehlkopfmuskeln gelähmt gewesen, und die Stimmritze sei nicht dauernd offen gestanden, sondern die Stimmbänder hätten geschlottert. Er schliesst hieraus, dass die Kehlkopfmuskeln sowohl vom Accessorius, als vom Vagus motorische Fasern bekommen, dass die Fasern, die vom Accessorius kommen, wesentlich zur Stimmbildung dienen, und er bezeichnet ihn deshalb als den Stimmnerven des Kehlkopfs, dass dagegen die Fasern,

welche vom Vagus kommen, die Muskeln innerviren, welche bei der Inspiration die Stimmritze erweitern, damit die Luft frei einströmen könne.

Es sind vielfältige Versuche darüber angestellt worden, ob die eine oder die andere Ansicht die richtige sei, man ist aber noch nicht zu übereinstimmenden Resultaten gekommen, und es scheint fast, als ob die Schuld nicht nur an den verschiedenen Beobachtern, sondern wesentlich an Verschiedenheiten zwischen den Thieren, an welchen man experimentirte, lag, so dass man sich also keinen bestimmten Schluss auf die Anordnung der Fasern und die Innervation der einzelnen Muskeln im menschlichen Kehlkopfe erlauben darf. Vielleicht sind auch Wurzelfasern, welche von den Einen noch zum Accessorius gerechnet wurden, von Anderen schon zum Vagus gezählt, denn es handelt sich hier gerade um die obersten der Vaguswurzel zunächst liegenden Ursprungsfäden des Accessorius. Von den tiefer entspringenden, namentlich von den im Rückenmarke, nicht mehr in der Medulla oblongata, entspringenden, weiss man mit Sicherheit, dass sie überhaupt keine Fasern zu den Kehlkopfmuskeln senden.

Zum Kehlkopfe gehen bekanntermassen zwei Aeste des Vagus, der Laryngeus superior und der Laryngeus inferior seu N. laryngeus recurrens. Dieser letztere war schon Galen als ein wichtiger Nerv für die Stimmbildung bekannt, indem er fand, dass Schweine nicht mehr schreien konnten, wenn er die Recurrentes umschnürt hatte. Dieser ist es auch in der That, welcher die Hauptmasse der Muskelnerven für den Kehlkopf abgibt. Der Laryngeus superior ist grösstentheils Empfindungsnerv. Er theilt sich in einen kleineren, äusseren Ast, der ist ein Muskelnerv und geht zum M. cricothyreoideus, und in einen inneren Ast, der die Membrana hyothyreoidea durchbohrt, und sich in der Schleimhaut des Kehlkopfs verzweigt, indem er hier die Empfindungen und die Reflexbewegungen vermittelt. Wenn deshalb die Recurrentes laryngis durchschnitten sind, der Laryngeus superior aber noch vorhanden ist, so sind die inneren Kehlkopfmuskeln gelähmt; aber da der M. cricothyreoideus nicht gelähmt ist, zieht dieser den Schildknorpel nach sich und spannt auf diese Weise die Stimmbänder an.

Der N. vagus verzweigt sich auch in den Bronchien und im Lungengewebe, und man nimmt deshalb an, dass die motorischen Fasern, welche er führt, auch zur Innervation der glatten Muskelfasern, die sich in den Bronchien und im Lungengewebe befinden, dienen.

Der N. vagus führt ausser seinen motorischen Impulsen noch einen anderen centrifugal laufenden Impuls, einen Hemmungsimpuls. Er führt nämlich Hemmungsnerven für das Herz. Eduard Weber entdeckte vor einer Reihe von Jahren, dass, wenn man die N. vagi irgend eines Thieres am Halse durchschneidet, das Herz in einem schnelleren Rythmus schlägt, als es vorher geschlagen, und dass, wenn man die peripherischen Stümpfe der durchschnittenen Vagi reizt, das Herz langsamer schlägt, und wenn die Reizung stärker ist, sogar stille steht. Dasselbe Resultat hat man fast bei allen Thieren, die man untersuchte, durch Reizung jedes der beiden Vagi einzeln erhalten. Nur an der gewöhnlichen Flussschildkröte beobachtete A. B. Meyer eine merkwürdige Ausnahme, indem diese nur in ihrem rechten Vagus Hemmungsfasern für das Herz führt.

Das Herz steht still in der Diastole. Das also, was hier hervorgerufen wird, ist eine wirkliche Hemmung. Es stehen alle Theile des Herzens in der Diastole still, so dass man die Sache nicht so auffassen kann, als ob das Herz in irgend einer Phase seiner Contraction festgehalten würde. Wenn man an einer Schildkröte, an der sich diese Versuche wegen der Grösse des Herzens und ihrer Lebenszähigkeit besonders gut anstellen lassen, die Vagi reizt und den Ventrikel abschneidet, so stehen die Vorhöfe noch still. Schneidet man auch diese weg, so sieht man, dass die Vena cava und die sogenannten Venae subclaviae, welche bei der Schildkröte die Vena cava superior ersetzen, in der Diastole still stehen. Der Stillstand tritt nicht sofort bei Beginn der Reizung ein, sondern es dauert eine Zeit lang, ehe er eintritt. Hat der Reiz aufgehört, so überdauert der Stillstand das Aufhören desselben einige Zeit, und dann fängt das Herz an mit einer kräftigen Contraction und setzt sich allmälig in seinen gewöhnlichen Rythmus.

Der Herzstillstand auf Vagusreizung ist auch am Menschen beobachtet worden, und zwar zuerst in Wien in einem pathologischen Falle. Es kam zu einem hiesigen Arzte ein Kranker, der ihm klagte, er habe von Zeit zu Zeit das Gefühl heftiger Angst, und während dieser Zeit stehe ihm das Herz still. Später kam er zur Obduction und bei dieser zeigte es sich, dass der eine Vagus in ein Paquet geschwellter Lymphdrüsen derart eingeschlossen war, dass er unter gewissen Umständen gedrückt oder gezerrt werden konnte, was eine Reizung desselben und in Folge davon den Herzstillstand bedingte. Später hat Joh. Czermak durch Reizung der N. vagi am Halse an sich selbst mittelst Druck das Herz zum Stillstande gebracht. In neuerer Zeit hat H. Quinke zahlreiche Versuche hierüber angestellt und gefunden, dass sich bei vielen Menschen vorübergehende Pulsverlangsamung hervorbringen lässt mittelst Reizung des Vagus am Halse durch Druck.

Es fragt sich nun: Wird der Stillstand des Herzens durch Vagus- oder durch Accessoriusfasern hervorgerufen, mit andern Worten, haben die Hemmungsfasern, die zum Herzen gehen, ihren Ursprung in der Vagus- oder in der Accessoriuswurzel? Haben sie ihren Ursprung in der Accessoriuswurzel, so ist zunächst zu erwarten, dass sie in dem Theile derselben entspringen, der aus der Medulla oblongata kommt. Denn Bernard hat gezeigt, dass die Fasern, die aus der Medulla oblongata kommen, den Ast des Accessorius zusammensetzen, der in die Scheide des Vagus übergeht, während andererseits der Theil der Fasern, der tiefer entspringt, den Ast des Nerven zusammensetzt, der zum Sternocleidomastoideus und Cucullaris geht. Schon Waller hat gefunden, dass, wenn man den Accessorius ausreisst, Beschleunigung des Herzschlages eintritt. Reisst man einen Accessorius aus, wartet drei Tage und reizt den Vagus derselben Seite am Halse, so erhält man keinen Stillstand des Herzens, während sich solcher durch Reizung des Vagus der anderen Seite erzielen lässt. Es muss ausdrücklich erwähnt werden, dass dieser Erfolg schon nach drei Tagen, wo also noch keine für das Auge deutliche Degeneration des Nerven eintritt, beobachtet wird, so dass er seine Reizbarkeit offenbar früher verloren hat, als die Degeneration äusserlich sichtbar geworden. Es hat sich dieses Resultat durch spätere Versuche, welche im Laboratorium von Heidenhain in grosser Anzahl angestellt wurden, in vollstem Maasse bestätigt.

Nachdem wir so die centrifugalen Impulse, welche in den Bahnen des Vagus verlaufen, betrachtet haben, gehen wir jetzt über zu den centripetalen Bahnen, die, wie wir gesehen haben, ausschliesslich im Vagus zu suchen sind. Der N. vagus ist der Empfindungsnerv für den Schlund, den Oesophagus und den Magen. Er ist ferner der Empfindungsnerv für die Bronchien und die Lungen im Allgemeinen.

Er löst durch seine centripetalen Bahnen eine ganze Reihe von Reflexbewegungen aus. Zunächst das Erbrechen, von dem man freilich nicht sagen kann, ob es ausschliesslich vom Vagus ausgelöst wird, indem es möglicher Weise auch vom Glossopharyngeus ausgelöst werden könnte. Es ist bekannt, dass durch Reizung der Rückwand des Pharynx, der Gaumenbögen und auch der Uvula Erbrechen erregt werden kann. Das Gebiet, von dem aus Erbrechen als Reflexbewegung ausgelöst werden kann, ist bei verschiedenen Menschen verschieden. Es ist grösser bei empfindlichen Individuen, kleiner bei nichtempfindlichen. Das Erbrechen kommt dadurch zu Stande, dass zunächst eine tiefe Inspiration gemacht wird, vermöge welcher das Zwerchfell so viel als möglich abgeflacht wird. Der Sinn dieser Bewegung ist, dass dadurch ein Widerlager gebildet wird, gegen das nachher die Unterleibseingeweide angedrückt werden können. Dann folgt aber nicht, wie fälschlich in einigen Büchern steht, sofort eine Exspirationsbewegung, sondern eine Contraction der Bauchmuskeln, wodurch die Bauchwand die Eingeweide und somit auch den Magen zusammendrückt, und der Inhalt desselben zum Oesophagus und Munde hinausgetrieben wird. Hierauf folgt dann mit dem Aufhören des Brechactes Erschlaffung des Zwerchfells und Exspiration.

Es ist darüber gestritten worden, ob das Erbrechen durch Contraction der Bauchdecken oder der Musculatur des Magens erfolgt. Um dies zu entscheiden, schnitt Magendie einem Hunde, dem er Brechweinstein in die Venen eingespritzt hatte, die Bauchdecken auseinander. Er fand nun, dass allerdings Brechbewegungen eintraten, dass aber jetzt der Mageninhalt nicht mehr herausbefördert wurde. Die Contraction des Magens genügte also nicht zur vollständigen Ausführung des Brechactes. Er füllte nun eine Blase mit Flüssigkeit, schnitt den Magen an der Cardia ab, verband die Blase mit dem Oesophagus, und nähte die Bauchdecken zusammen. Traten jetzt Brechbewegungen ein, so wurde die Flüssigkeit aus der Blase zum Oesophagus und Munde herausbefördert. Daraus schloss er mit Recht, dass es wesentlich die Musculatur der Bauchdecken sei, durch welche die Kraft aufgebracht wird, die den Mageninhalt entfernt. Es betheiligen sich aber auch am Brechacte die Musculatur des Oesophagus und des Magens durch eine Contraction ihrer Längsfasern, die, wie bekannt, in einander übergehen. Dadurch wird nicht blos die Cardia gehoben und erweitert, sondern auch der Blindsack des Magens abgeflacht, und die Ausstossung des Mageninhaltes wird erleichtert.

Eine andere Reflexbewegung, die vom Vagus ausgelöst wird, und über deren Mechanik wir bereits früher gesprochen haben, ist das Schlingen. Es wird vom Pharynx unterhalb der Region, von der aus Brechen ausgelöst werden kann, und von da nach abwärts von jedem Orte des Oesophagus ausgelöst. Es ist den Chirurgen bekannt, dass wenn man mit einem Instrumente in den Pharynx eindringt, zuerst Würgbewegungen eintreten, welche das Instrument zurückzudrängen suchen. Ist man aber mit dem

Instrumente bis zu einer gewissen Tiefe gekommen, dann treten Schlingbewegungen ein, durch welche das Instrument hinabgezogen wird. Es ist ferner bekannt, dass, wenn irgendwo im Oesophagus ein Bissen stecken bleibt, von Zeit zu Zeit vollständige Schlingbewegungen ausgelöst werden, die den Bissen in den Magen hinabzubringen suchen. Wir begegnen hier wieder einer Erscheinung, mit der wir es noch öfter zu thun haben werden, nämlich der Erregung von Reflexbewegungen durch Summirung der Reize. Wenn ein solcher Bissen im Oesophagus liegt, so übt er daselbst einen beständigen Reiz aus. Es dauert eine Zeit lang, bis die Reize sich soweit summirt haben, dass sie eine Reflexbewegung auslösen können. Sobald diese ausgelöst ist, tritt vorübergehend Ruhe ein, bis sich wieder vom Neuen im Centralorgane die Impulse so weit angesammelt haben, dass die Erregung für die motorischen Centren gross genug wird, um wiederum eine solche Reflexbewegung auszulösen u. s. w.

Eine dritte Art von Reflexbewegungen, welche vom Vagus ausgelöst wird, ist das Schluchzen, Singultus. Es wird von den Magenästen dieses Nerven ausgelöst. Sonst gesunde Menschen werden auf einen kalten Trunk hin und auf andere plötzliche Reizungen der Magenschleimhaut von demselben befallen. Das Schluchzen besteht darin, dass das Zwerchfell sich plötzlich gewaltsam contrahirt, und nicht wie bei der Inspiration zugleich auch die Stimmritze geöffnet wird. In Folge davon schlagen die Stimmbänder ventilartig zusammen, und durch die darauf eintretende Luftverdünnung im Thorax entsteht ein Widerstand und dadurch die Empfindung eines Stosses.

Es entsteht nun die Frage, ob von den Magenästen des Vagus auch Erbrechen ausgelöst werden kann. Einfache Reizung der Magenschleimhaut bringt nicht Erbrechen hervor, wie die Reizung der Gaumenbögen und des Schlundes. Es lässt sich aber nicht in Abrede stellen, dass durch Summirung der Reize auch vom Magen aus Erbrechen ausgelöst werden kann. Dies geschieht aber nur bei Menschen, die zum Erbrechen geneigt sind. Diese machen nicht selten die Erfahrung, dass, wenn sie etwas schwer Verdauliches genossen haben, sie dieses eine oder mehrere Stunden bei sich behalten, dass aber dann plötzlich Brechbewegungen eintreten, die so lange andauern, bis der Mageninhalt entleert ist.

Ein anderes wichtiges Reflexgebiet hat der Vagus in den Respirationswegen. Zuerst bewirkt er Verschluss der Stimmritze und zwar durch den Laryngeus superior. Wenn man die obere Seite der Stimmbänder berührt, so tritt in Folge davon sofort Verschluss der Stimmritze ein. Sobald man aber etwas tiefer kommt und in die sogenannte Glottis respiratoria, den Raum zwischen den Giessbeckenknorpeln, und etwa eine Linie nach abwärts eindringt, so tritt Husten als Reflexbewegung ein. Es verschliesst sich nicht nur die Stimmritze, sondern es treten auch krampfhafte Exspirationsbewegungen ein, die den Verschluss der Stimmritze stossweise durchbrechen. Es ist leicht einzusehen, dass diese Anordnung der Reflexe vollkommen den Zwecken für die Erhaltung des Organismus entspricht. So lange ein fremder Körper über den Stimmbändern liegt und die Oberfläche derselben berührt, schliessen sich die Stimmbänder, um ihn nicht eindringen zu lassen. Wenn er aber die Stimmritze passirt hat, dann treten plötzliche Exspirationsbewegungen, Husten ein, vermöge welcher der fremde Körper wo möglich herausgeworfen wird. Besonders empfindlich zeigt sich die

Fossa interasytaenoidea. Der Kehlkopf ist aber nicht das einzige Gebiet, von dem aus Husten als Reflexbewegung ausgelöst wird. Nach Versuchen an Hunden wird er auch durch Berührung der Bifurcationsstelle der Bronchien prompt ausgelöst. Endlich wird Husten durch Summirung der Reize von der ganzen Bronchialschleimhaut ausgelöst. Daher rührt es, dass, wenn ein fremder Körper in den Bronchien steckt, nicht permanente, sondern periodische Hustenanfälle hervorgerufen werden. Ebenso finden darin die periodischen Hustenanfälle, die bei Ansammlung von Schleim, Eiter u. s. w. auftreten, ihre Erklärung. Kohts gelang es, auch durch Reizung der Pleura costalis Husten hervorzurufen. Der Weg der Uebertragung ist hier noch unermittelt.

Der Husten kann ausserdem noch von der Wurzel der Zunge ausgelöst werden. An der Wurzel der Zunge befinden sich zu beiden Seiten unter dem Kehldeckel zwei kleine Gruben. Wenn in diese beim Essen Speisen hineingelangen, so geschieht es nicht selten, dass ziemlich heftige Hustenanfälle darauf erfolgen. Das rührt daher, dass dort ein kleiner Ast des N. laryngeus superior sich verbreitet. Eine andere Stelle, von der Husten ausgelöst werden kann, ist, wie schon erwähnt, der tiefste Theil des äusseren Gehörganges, in dem sich der Ramus auricularis nervi vagi verbreitet.

Es fragt sich, ob auch vom Magen Husten ausgelöst werden kann. Die directen Versuche, die man mit Reizung der Magenschleimhaut anstellte, haben negative Resultate ergeben. Auch Ueberladung des Magens, Hineingelangen grösserer fester Körper in denselben u. s. w. gaben an und für sich keine Veranlassung zum Husten. Nichtsdestoweniger nahmen die alten Aerzte einen sogenannten Magenhusten an, und es fragt sich, wie sie dazugekommen sind. Die Fälle, die sie zu der Annahme veranlassten, bestanden darin, dass Individuen von einem hartnäckigen Husten befallen waren, der aufhörte, nachdem der Mageninhalt durch Erbrechen entleert wurde; so dass es also nahe lag, anzunehmen, dass die Substanzen im Magen hier die Vagusäste gereizt und so den Husten hervorgerufen hätten. Solche Fälle existiren nun allerdings. Ich selbst habe einen Knaben gesehen, der Tag und Nacht hustete und mit solcher Heftigkeit und Hartnäckigkeit, dass er laut über die Schmerzen klagte, die er unter den Rippen in Folge der häufigen Zusammenziehungen der Bauchmuskeln fühlte. Darauf trat reichliches Erbrechen ein und von da ab kein einziger Hustenanfall mehr.

Ich glaube aber, dass diese Fälle noch eine andere Erklärung zulassen. Es ist bekannt, wenn auch nicht hinreichend erklärt, dass der Brechact auch dazu beiträgt, Substanzen nicht nur aus dem Magen, sondern auch aus den Luftwegen herauszubefördern. Bekanntlich werden beim Croup Brechmittel gegeben, damit sich beim Erbrechen zugleich die Croupmembranen abstossen und ausgeworfen werden. Ebenso wäre es möglich, dass hier der Husten erzeugende Körper sich nicht im Magen, sondern in den Luftwegen befand, und dass er beim Erbrechen in ähnlicher Weise, wie auf ein gegebenes Brechmittel die Croupmembranen, ausgestossen worden. Kohts, der bei Reizung der Magenschleimhaut auch negative Resultate erhielt, fand, dass bei Zerrung und Quetschung des Oesophagus Hustenstösse eintraten, wie schon Krimers angegeben. Bisweilen konnte er auch durch Reizung der Pharyngealschleimhaut Husten

erregen. Auch durch Reizung nicht nur des Vagus- und Laryngeusstammes in ihrem Verlauf, sondern auch durch Reizung des N. pharyngeus hat er Husten erzeugt.

Bei Kranken und in Folge der Krankheit sehr empfindlichen Individuen kann der Husten auch von Stellen des Körpers ausgelöst werden, an welchen sich der Vagus nicht verbreitet. Es ist bekannt, dass solche Menschen husten müssen, sobald sie irgend einen Theil ihres Körpers der Zugluft aussetzen. Dies kann nicht abgeleitet werden davon, dass sie zugleich diese selbe Luft einathmen; denn das, was wir Zugluft nennen, ist nicht eine kältere, sondern eine bewegte Luft, kann also die Respirationswerkzeuge nicht durch eine niedrigere Temperatur afficiren. Ebenso bringt bekanntlich Berührung der Hände und Füsse mit kaltem Wasser bei manchen Individuen sofort Husten hervor. Abkühlung wirkt indessen vielleicht nicht durch Reflex allein. Golz fand, dass Hunde, denen das Rückenmark zwischen Brust- und Lendenmark durchschnitten war, und die an Bronchialkatarrh litten, husteten, wenn der hintere Theil des Körpers mit kaltem Wasser gewaschen wurde. Ebenso zitterte die vordere Körperhälfte vor Frost, wenn nur die hintere mit kaltem Wasser gewaschen wurde. Man muss diesen Husten ableiten von der Wirkung des abgekühlten Blutes auf die Vagusäste, die den Husten reflectorisch auslösen, oder auf den sogenannten Vaguskern, die Region der Ala cinerea, denn diese ist das Reflexcentrum für den Husten, oder von Verbindungen, die durch den Sympathicus zwischen vorderer und hinterer Körperhälfte unterhalten werden.

Zu den Reflexen, welche vom Vagus ausgelöst werden, gehört auch das Athmen. Man hat schon frühzeitig untersucht, welchen Einfluss die Reizung des Stammes des Vagus auf die Athembewegungen habe. Man fand, dass, wenn man das centrale Ende des durchschnittenen Vagusstammes reizte, und der Reiz heftig genug war, Stillstand der Respirationsbewegungen eintrat. Es wurde zuerst angegeben, es trete der Stillstand in der Inspirationslage ein, so dass das Zwerchfell contrahirt bleibe: später aber beobachteten Andere Stillstand in der Exspirationslage.

Nach Rosenthal's Untersuchungen über die Athembewegungen stellte sich die Sache folgendermassen dar: Wenn der Stamm des Vagus allein gereizt wird, nachdem er den Laryngeus superior abgegeben hat. so tritt Stillstand in der Inspirationslage ein. Wird der Stamm des Vagus gereizt, ehe er den Laryngeus superior abgegeben hat, oder gehen Stromschleifen durch den Laryngeus superior und reizen diesen mit, so tritt Stillstand in der Exspirationsstellung ein.

Um uns die Einsicht in die Verhältnisse zu erleichtern, will ich zunächst die Respirationstheorie besprechen, welche von Rosenthal in Folge seiner ausgedehnten Untersuchungen aufgestellt wurde. Er sagt: Das Centrum der Respirationsbewegungen ist, wie allgemein bekannt, die Medulla oblongata. Die Erregung zum Einathmen entsteht dadurch, dass weniger sauerstoffhältiges, nicht hinreichend oxydirtes Blut zur Medulla oblongata gelangt. Dieses Blut wirkt daselbst als Reiz und erzeugt die Inspiration. Nachdem die Inspiration vorüber ist, tritt ein Augenblick der Ruhe ein, dann, bis die Reize sich wieder summirt haben, eine andere Inspiration u. s. w. Die Lebhaftigkeit der Respiration wird also von der Menge des Sauerstoffs, welchen man dem Blute zuführt, abhängig sein.

Führt man zu wenig Sauerstoff zu, so tritt Dyspnoe ein. Das Thier muss kräftig und häufig athmen, um sich den hinreichenden Sauerstoff zu verschaffen. Die Anregung dazu wird dadurch gegeben, dass dieses venösere Blut einen stärkeren Reiz ausübt, und sich deshalb in einer kürzeren Zeit die Reize so weit summiren, dass eine Inspiration erfolgt. Er machte hierauf gewissermassen die Probe, indem er einem Thiere durch künstliche Respiration grosse Mengen von Luft zuführte, so dass er das Blut desselben mit Sauerstoff übersättigte. Dadurch brachte er sogenannte Apnoe hervor, d. h. das Thier setzte mit den Respirationsbewegungen ganz aus, weil eben jetzt nach Rosenthal das Blut, das zur Medulla oblongata gelangte, zu viel Sauerstoff hatte, um überhaupt einen hinreichenden Reiz zur Auslösung einer Inspiration abzugeben.

Von diesem Reize des venösen Blutes leitet Rosenthal auch den ersten Athemzug ab. Er sagt, das Kind athmet nicht im Mutterleibe, solange die Placentarcirculation im Gange ist, weil das Blut, das zur Medulla oblongata gelangt, nicht hinreichend venös ist. Wenn aber das Kind aus dem Uterus heraus ist, zieht sich der letztere zusammen, die Placentarcirculation wird sofort gestört, und nun wird das Blut venöser, wodurch der erste Reiz zum Inspiriren gegeben ist. Man beruft sich zur Unterstützung dieser Theorie vom ersten Athemzuge wesentlich darauf, dass, wenn Störungen in der Placentarcirculation eintreten, wenn z. B. die Nabelschnur comprimirt wird, Inspirationsbewegungen noch innerhalb des Uterus, innerhalb der Eihäute eintreten können.

Vor mehr als dreissig Jahren gab ein Arzt über die Todesursache eines im Uterus zu Grunde gegangenen Kindes ein Gutachten ab, und sagte darin, er könne sich nicht anders ausdrücken, als dass das Kind im Fruchtwasser ertrunken sei. Darüber wurde damals viel gelacht, es hat sich aber gezeigt, dass bei solchen Inspirationsbewegungen im Uterus Kinder nicht unbeträchtliche Mengen von Fruchtwasser aspiriren, was später Ursache zu mangelhafter Anfüllung der Lungen mit Luft gibt.

Rosenthal schliesst weiter aus seinen Versuchen, dass der Vagus durch die Erregungen, welche er zu der Medulla oblongata bringt, die Auslösung der Inspiration erleichtert. Damit bringt er es in Zusammenhang, dass, wenn man Thieren die N. vagi am Halse durchschnitten hat, der Typus der Respiration sich in auffallender Weise ändert. Es werden die Athembewegungen viel langsamer und tiefer. Das rührt nach Rosenthal daher, dass jetzt der Reiz, den die atmosphärische Luft auf die Lungenäste des Vagus ausübt, nicht mehr zur Medulla oblongata gelangt, und deshalb die Auslösung der Athembewegungen schwerer erfolgt, sich verzögert. Nun sammeln sich aber die Reize um so länger an, und daher tritt endlich eine tiefe Inspirationsbewegung ein. Die Reizung des Laryngeus superior dagegen hat den entgegengesetzten Erfolg, sie widersteht der Auslösung der Respirationsbewegungen. Dies zeigt sich auch bei Reizung der oberen Fläche der Stimmbänder. Denn mit dem Verschluss der Stimmritze, nicht nur durch dieselbe, wird auch die Inspiration angehalten. Daraus erklären sich auch die Erscheinungen, die bei Reizung des Vagusstammes beobachtet wurden. Wurde der Vagusstamm allein gereizt, so ist in Folge dessen eine Inspirationsbewegung leichter ausgelöst worden, ja, wenn der Reiz kräftig genug war, trat Krampf der Inspirationsmuskeln ein, dieselben standen tetanisch in der

Inspirationslage still. Wurde aber der Vagus gereizt, da wo er den Laryngeus superior noch nicht abgegeben hatte, oder gingen durch den letzteren Stromschleifen, dann überwog die hemmende Wirkung des Laryngeus superior, und es standen nun Thorax und Zwerchfell in der Exspirationslage still.

In neuerer Zeit hat Rosenthal's Theorie von den Athembewegungen eine Ergänzung und Modification zunächst durch Hering und Breuer gefunden. Diese sahen, dass, wenn man Luft in die Lunge einbläst, also dieselbe mit Luft auszudehnen versucht, sofort eine Exspirationsbewegung erfolgt, dass dagegen, wenn man Luft aus der Lunge aussaugt, als Reflex sofort eine Inspirationsbewegung eintritt. Hieraus erklärt sich eine Thatsache, die den Physiologen schon lange Zeit bekannt war, die Thatsache, dass, wenn man an Thieren künstliche Respiration einleitet, der Rythmus der Athembewegungen sich dem Rythmus accommodirt, den man der künstlichen Respiration gibt, einfach deshalb, weil man durch das Einblasen von Luft, also durch die künstliche Inspiration, sogleich die dazu gehörige Exspiration hervorruft. Es geht hieraus zugleich hervor, dass die Lungenäste des Vagus nicht blos inspiratorische Fasern führen, d. h. nicht blos Fasern, die durch Reflexe eine Inspirationsbewegung hervorrufen, sondern auch Fasern, durch deren Reizung eine Exspirationsbewegung hervorgebracht wird. Es steht dies in Uebereinstimmung mit der Thatsache, dass Schleim, Eiter u. s. w., wenn sie in der Lunge angesammelt sind, Hustenanfälle hervorrufen, denn diese bestehen ja wieder aus einer Reihe von exspiratorischen Bewegungen.

Früher hatte man die Reize, welche die atmosphärische Luft auf die Lungenäste des Vagus ausübt, immer wesentlich in Zusammenhang gebracht mit dem Sauerstoffgehalte derselben. In diesen Versuchen von Hering und Breuer ergab sich aber die auffallende Thatsache, dass hier die mechanische Wirkung auf die Lunge, nicht die chemische, das Wesentliche war. Irrespirable Gase ergaben dieselben Resultate, wie atmosphärische Luft.

In einem anderen Punkte weicht Brown-Séquard von den Angaben Rosenthal's ab. Er sagt, dass die Apnoe, die durch reichliches Einführen von Luft, die das Blut hoch arteriell macht, erzeugt wird, nur eintrete, so lange die Vagi erhalten sind. Hat man einem Thiere die beiden Vagi durchschnitten, dann soll diese Apnoe nicht mehr zu Stande kommen. Filehne hat aber seitdem nachgewiesen, dass auch nach durchschnittenen Vagis durch reichliche Luftzufuhr Apnoe zu Stande gebracht werden kann, nur schwerer. Der normale Reiz zur Inspiration, der sich bei Mangel an Luft zur dyspnoischen Wirkung steigert, scheint also ein combinirter zu sein und einerseits von den Vagusästen der Lunge, das heisst von deren peripherischen Enden, andererseits von der Medulla oblongata selbst auszugehen.

Auch vom Herzen sind Reflexbewegungen, und zwar in den Beinen, durch die Bahnen des Vagus ausgelöst worden. Goltz, der diese Versuche zuerst an Fröschen anstellte, fand, dass die Bewegungen nicht mehr erfolgten, nachdem die Vagi durchschnitten waren. Aehnliche Resultate erhielt Gurboki an Kaninchen, denen er die hintere Fläche der Vorhöfe mit Schwefelsäure reizte. An Kätzchen aber erhielt Goltz die Reflexbewegungen vom Herzen aus auch noch nachdem die Vagi durchschnitten waren.

Der Vagus soll auch reflectorisch die Absonderung des Magensaftes anregen. Man schliesst dies daraus, dass er seine Aeste zur Magenschleimhaut sendet und von dieser aus die Secretion angeregt wird. Es muss aber bemerkt werden, dass die Secretion nicht aufhört, wenn die beiden N. vagi am Halse durchschnitten sind, und somit Reflexerregungen in seinen Bahnen nicht mehr zum Centrum gelangen können.

Mit ebenso viel und ebenso wenig Recht kann man dem Vagus auch das Vermögen zuschreiben, die Speichelabsonderung reflectorisch zu erregen. Hunde schlingen in der ersten Zeit der Verdauung eine grosse Menge von Speichel hinab. Die Mengen desselben, welche man im Magen vorfindet, kann man nicht davon herleiten, dass sie dieselben beim Fressen verschluckt hätten. Auch findet man manchmal den Speichel noch in Klumpen in der Cardialgegend beisammen, so dass man deutlich sieht, dass er nach den Speisen verschluckt worden ist.

Ein Vagusast von ganz eigenthümlicher und merkwürdiger Wirkung ist der Nervus depressor. Ludwig und Cyon fanden ihn zuerst beim Kaninchen auf. Er entspringt hier gewöhnlich mit zwei Wurzeln, einer aus dem Vagus, einer aus dem Laryngeus superior, bisweilen auch aus letzterem allein, läuft hinter der Carotis nach abwärts, nimmt Aeste aus dem Gangl. stellatum auf und sendet solche zum Herzen. Durchschneidet man ihn und reizt das peripherische Stück, so erzielt man dadurch keinerlei Wirkung: reizt man aber das centrale Stück, während gleichzeitig in die Carotis ein Manometer eingesetzt ist, so sieht man, dass der Blutdruck beträchtlich sinkt. Auch das Herz pulsirt langsamer: das ist aber nicht die einzige Ursache des Sinkens des Blutdruckes, denn, wenn derselbe sein Minimum erreicht hat, schlägt das Herz wieder schneller, ohne dass der Blutdruck steigt. Die wesentliche Ursache ist Erweiterung der Gefässe. Ludwig und Cyon nahmen dieselbe direct an der Niere wahr und fanden auch, dass das Sinken entsprechend geringer ist, wenn die Gefässe der Baucheingeweide durch Durchschneidung der Splanchnici, in denen ihre Nerven verlaufen, schon vorher erweitert sind. Der Nerv wirkt also hemmend auf das vasomotorische Centrum in der Medulla oblongata.

Wenn der N. vagus durchschnitten wird, und die Thiere nicht suffocatorisch zu Grunde gehen, verfallen sie einer Pneumonie, der sogenannten Vaguspneumonie, welche man früher auch als ein Beispiel der neuroparalytischen Entzündungen aufführte. Traube stellte zuerst die Ansicht auf, dass dieselbe lediglich davon herrühre, dass die Reflexe fehlen, dass die Empfindlichkeit des Kehlkopfs und der Bronchialschleimhaut verloren gegangen ist und in Folge dessen fremde Körper in die Luftwege eindringen. Traube's Erfahrungen hierüber sind auch von Billroth bestätigt worden.

Von den am Menschen zu beobachtenden Lähmungserscheinungen im Gebiete der so eben besprochenen Nerven sind die vom Accessorius herrührenden die deutlichsten. Schiefstellung des Kopfes, Caput obstipum paralyticum, wegen Lähmung im Sternocleidomastoideus und Cucullaris, dabei Heiserkeit und Schlingbeschwerden. Das sogenannte Caput obstipum spasticum, bei dem die erwähnten Muskeln contrahirt sind, beruht im Gegentheile darauf, dass die Accessoriuswurzeln sich im Zustande der Reizung befinden. Einseitige Vaguslähmung ist am häufigsten an scrophulösen Kindern

beobachtet worden, bei denen sie durch Compression eines Vagus durch geschwellte Bronchialdrüsen hervorgerufen wurde. Es zeigte sich dabei Veränderung der Stimme, Heiserkeit bis zur Aphonie, Husten, Erstickungsanfälle u. s. w. und namentlich, was charakteristisch ist, Mangel der Reflexbewegungen, Anhäufung von Schleim in den Bronchien in solchem Grade, dass man das Schleimrasseln schon ohne nähere Untersuchung hören konnte, und doch kein subjectives Gefühl davon, keine Neigung die Massen auszuwerfen.

Nervus hypoglossus.

Dieser ist der Bewegungsnerv der Zunge: man bezeichnet ihn deshalb auch als den N. loquens. Er entspringt als motorischer Nerv aus einem Kern, der jederseits neben der Mittellinie unter dem Boden des hinteren Theiles des vierten Ventrikels liegt. Er versorgt nicht allein die Zunge, sondern ausserdem noch den M. geniohyoideus, den M. hyothyreoideus, den M. omohyoideus, den M. sternohyoideus und den M. sternothyreoideus. Mit seinem Hauptstamme und den Aesten desselben versorgt er von den genannten Muskeln den Geniohyoideus und den Thyreohyoideus. Der M. omohyoideus, sternohyoideus und sternothyreoideus werden vom Ramus descendens nervi hypoglossi versorgt, der übrigens schon eine grosse Menge von Nervenfasern führt, welche ihm aus den Cervicalnerven zugekommen sind. Von diesen gehen auch sensible Fasern aufwärts bis zur Zunge. Damit hängt es zusammen, dass, wenn man den Trigeminus in der Schädelhöhle, oder beiderseits den Lingualis durchschnitten hat, die Zunge zwar an ihrer Oberfläche unempfindlich ist, dass man sie cauterisiren kann, dass aber beim Kneipen mit einer Zange das Thier noch Schmerz äussert, weil dann die sensiblen Fasern gereizt werden, welche der Hypoglossus als entliehene mitgebracht hat.

Die Lähmung des Hypoglossus zeigt sich durch einseitige Lähmung der Zunge. Wenn die Zunge herausgestreckt wird, so ist sie nach der kranken Seite abgelenkt, wenn sie hereingezogen wird, so ist die Spitze derselben nach der gesunden Seite abgelenkt. Die Sache ist einfach folgende: Wenn die Zunge hereingezogen wird, so ziehen sich die Längsfasern auf der gesunden Seite zusammen, diese werden also kürzer, als die auf der kranken Seite, folglich muss die Zunge nach der gesunden Seite hin abweichen. Wenn sie aber herausgereckt wird, so wird erst das Zungenbein gehoben, und ausserdem werden die Querfasern zusammengezogen, um die Zunge schmäler und länger zu machen. Dies geschieht nur auf der gesunden Seite, es wird diese also länger als die kranke, und in Folge davon tritt beim Herausrecken eine Ablenkung nach der kranken Seite ein.

Nervus sympathicus.

Wir sollten nun nach unserm bisherigen Plane der Reihe nach die verschiedenen Rückenmarksnerven und endlich den N. sympathicus durchnehmen. Bei den Rückenmarksnerven geht aber ihre Function zum grossen Theile schon aus der blossen anatomischen Betrachtung hervor, und zum Theil ist dieselbe unbekannt. Erwähnt zu werden verdient der Zusam-

menhang der Wurzeln des Plexus brachialis mit der Regio ciliospinalis des Rückenmarkes, indem er aus den vier unteren Cervicalnerven und dem ersten Dorsalnerven hervorgeht. Daher leitet Hutchinson die von ihm beobachtete häufige Coincidenz der Lähmung des Plexus brachialis mit Lähmung der oculopupillären Fasern, also mit Zurücksinken des Auges derselben Seite, Schielen nach innen und Verengerung der Lidspalte und der Pupille.

Der N. sympathicus ist kein selbstständiger Nerv, sondern ein Strickwerk aus Nervenfäden und Nervenknoten, so zwar, dass die Nervenfäden freilich zum grossen Theile ihren Ursprung aus Nervenknoten, aus den Ganglien des Sympathicus nehmen, dass sie aber auch zum grossen Theile aus dem Rückenmarke und aus dem Gehirne entspringen, und durch die Rami communicantes und durch Anastomosen, durch welche Hirnnerven mit dem N. sympathicus verbunden sind, in diesen übergehen. Im Verlaufe der Stränge lassen sich diese Fasern nicht ohne weiteres von denen trennen, die in den Ganglien selbst ihren Ursprung haben. Wir wollen uns deshalb nur noch mit der Innervation einzelner Organe beschäftigen, die Nerven durch Vermittelung des N. sympathicus und aus ihm erhalten, zunächst mit denen des Herzens und der Gefässe.

Wenn man einem Frosche oder einer Schildkröte das Herz ausschneidet, und es also aus allen seinen Verbindungen mit dem Centralnervensystem trennt, so schlägt es noch viele Stunden, ja Tage lang fort. Das Säugethierherz schlägt freilich, wenn es ausgeschnitten ist, nur kurze Zeit ausserhalb des Körpers fort. Das liegt aber nur daran, dass die Gewebselemente der Warmblüter viel früher absterben, als dies bei Amphibien der Fall ist. Schon bei jungen Thieren, bei Kätzchen, bei jungen Hunden schlägt das ausgeschnittene Herz stundenlang fort und ebenso auch bei einigen erwachsenen Thieren, z. B. beim Igel (Erinaceus europaeus). Man kann aber auch durch einen von Ludwig zuerst angestellten Versuch nachweisen, dass nur das Absterben, nicht der Mangel des Zusammenhanges mit dem Centralnervensystem, es bewirkt, dass das Herz aufhört zu schlagen. Ludwig verbindet die Aorta des ausgeschnittenen Herzens mit einer Arterie eines lebenden Thieres, so dass durch die Kranzgefässe arterielles Blut hindurchgeht, oder er leitet geschlagenes, an der Luft arteriell gemachtes Blut in dieselben hinein und sieht nun, dass auch Kaninchenherzen längere Zeit nach dem Tode fortschlagen. Es geht also hieraus hervor, dass das Herz die Ursache seiner rythmischen Bewegungen in sich selbst trägt.

Untersucht man das Herz näher, so findet man darin zahlreiche Ganglien, und diese müssen als die Ursache der Bewegungsimpulse angesehen werden, die in dem Herzen fortwährend erzeugt werden. Im Säugethierherzen finden sich diese Ganglien sowohl in den Ventrikeln als in den Vorhöfen. Untersucht man dagegen ein Froschherz, so findet man, dass die Masse der Ganglien in den Vorhöfen, hauptsächlich in der Scheidewand der Vorhöfe und am Ursprunge der Venen, im Venensinus, angehäuft ist. Trennt man die Ganglien vom Herzen, so hört der Ventrikel auf zu schlagen: ebenso wenn man sie quetscht. Legt man einen Faden um die Grenze zwischen Vorhof und Ventrikel, so schlagen die Vorhöfe weiter fort, der Ventrikel aber bleibt ruhig. Manchmal führt er in viel

grösseren Intervallen als die Vorhöfe Contractionen aus. Man kann ähnliches auch dadurch erreichen, dass man die Vorhöfe abschneidet. Schneidet man sie gerade vom Ventrikel ab, so sieht man oft, dass sich letzterer noch wie gewöhnlich contrahirt. Das hängt damit zusammen, dass noch etwas von dem nervösen Centrum zurückgeblieben ist. Fasst man den Rest der Scheidewand sammt den inneren Klappen der venösen Ostien mit der Pincette, zieht sie etwas vor und trägt diese Partie mit dem der Vorhofgrenze zunächst liegenden Theile des Ventrikels ab, so bleibt der Ventrikelrest ruhig, während die abgeschnittenen Vorhöfe fortpulsiren. Der Ventrikel hat aber dabei keineswegs seine Reizbarkeit verloren, denn, wenn man ihn mit einer Nadel sticht, oder einen Inductionsschlag hindurchsendet, so sieht man ihn noch sich zusammenziehen.

Auf die Thätigkeit des ausgeschnittenen Herzens hat die Temperatur einen bedeutenden Einfluss. Legt man ein ausgeschnittenes Froschherz auf eine Schale mit lauem Wasser, während ein anderes auf Eis gelegt wird, so bemerkt man, dass das erste viel schneller pulsirt, als das zweite. Es kommt aber viel früher zur Ruhe als das auf dem Eise liegende und setzt man, nachdem dies geschehen, das letztere in laues Wasser, so fängt es an schneller zu schlagen, und kommt erst, nachdem es noch einige Zeit auf dem lauen Wasser pulsirt hat, zur Ruhe. Es ist durch Versuche nachgewiesen worden, dass auch auf das Herz innerhalb des lebenden Körpers die Temperatur einen ähnlichen Einfluss habe, so dass also die Temperaturerhöhung, wie sie in fieberhaften Krankheiten eintritt, an und für sich schon ein Beschleunigungsmittel für die Herzbewegung abgibt, andererseits also, wenn sie einen gewissen Grad überschreitet, auch eine Ursache werden kann, dass das Herz seine Kräfte um so früher erschöpft. An embryonalen Herzen hat Schenk den Einfluss der Temperatur studirt. Wenn dasselbe bei gewöhnlicher Temperatur aufgehört hat zu schlagen, so fängt es in der Brutwärme wieder an. Selbst an einzelnen Stücken des zerschnittenen Herzens lässt sich diese Erscheinung noch beobachten.

Wir haben gesehen, dass, wenn man Blut durch die Coronargefässe eines Herzens hindurchleitet, dasselbe ausserhalb des Körpers viel länger fortschlägt, als wenn dies nicht geschieht. Auch wenn nur Blut in die Herzhöhlen hineingefüllt ist, erhält sich das Herz länger thätig, als wenn dies nicht der Fall ist. Legt man ein blutleeres Froschherz, das schon aufgehört hat zu schlagen, in Blut hinein, so hat man nicht selten Gelegenheit zu beobachten, dass es wieder zu schlagen anfängt.

Tiedemann hat schon vor einer Reihe von Jahren beobachtet, dass, wenn man ein Herz unter die Glocke der Luftpumpe legt, der Herzschlag immer matter wird, und endlich aufhört. Wartet man bis dies eingetreten und lässt dann Luft zu, so fängt das Herz von Neuem an zu pulsiren.

Ausser diesen Impulsen, welche das Herz aus seinem eigenen Gangliensysteme empfängt, und vermöge welcher es sich rythmisch zusammenzieht, nachdem es aus dem Körper entfernt worden ist, erhält es auch Impulse vom Centralorgane. Es ist dies schon aus der alltäglichen Beobachtung ersichtlich, indem wir wissen, dass die Gemüthsbewegungen auf den Rythmus der Herzthätigkeit einen sehr grossen Einfluss ausüben. Die hemmenden Nerven für das Herz haben wir bei Gelegenheit des N. vagus

kennen gelernt. Wir haben gesehen, dass er regulirende Fasern für das Herz führt, welche aus dem Accessorius Willisii in seinen Stamm eingetreten sind. Wir müssen uns jetzt sagen, dass diese nicht direct auf die Muskelfasern des Herzens wirken, sondern auf die Ganglien, die innerhalb des Herzens liegen, und von welchen die motorischen Impulse für die Musculatur des Herzens ausgehen. Man kann deshalb mit Bidder die Hemmung der Herzbewegung durch den N. vagus als eine Reflexhemmung bezeichnen, indem sie mit den Reflexhemmungen im Gehirne und Rückenmarke das gemein hat, dass die Hemmung zunächst auf die nervösen Centren, die hier sympathische Ganglien sind, ausgeübt wird, während bei den Hemmungen im Gehirn und Rückenmark es Ganglienkörper sind, die im Centralorgane liegen. Es sind aber auch in neuerer Zeit die beschleunigenden Nerven des Herzens gefunden worden. Dieselben gehen ihm zu vom Halstheile des Sympathicus. Bezold machte darauf zuerst aufmerksam. Man war aber damals noch nicht im Stande, anderweitige Möglichkeiten auszuschliessen, indem bei Reizung dieser Nerven auch der Blutdruck sehr bedeutend steigt, und somit die Erhöhung der Pulsfrequenz eine secundäre, durch den erhöhten Widerstand veranlasste, sein könnte. Ludwig und Cyon haben aber später gezeigt, dass diese Fasern auch abgesehen von der Erhöhung des Blutdruckes die Herzbewegung beschleunigen.

Die Gefässnerven haben wir schon an verschiedenen Orten kennen gelernt. Wir haben gesehen, dass das motorische und reflectorische Hauptcentrum für das gesammte Gefässsystem in der Medulla oblongata zu suchen sei. Wir haben gesehen, dass, wenn man den Sympathicus zwischen der zweiten und dritten Rippe durchschneidet, das Carotidensystem seinen Tonus verliert, dass hier also die Fasern durchpassiren müssen, die durch den Plexus caroticus zum Carotidensysteme gehen. Wir haben ferner gesehen, dass nach dem Ausreissen des Ganglion thoracicum primum die obere Extremität, und nach dem Ausreissen des Ganglions, welches bei Hunden auf dem 5. und 6. Lendenwirbel liegt, die untere Extremität hyperämisch wird. Wir haben ferner gefunden, dass der N. splanchnicus die vasomotorischen Nerven für den Darmkanal führt, dass er somit ein Gefässgebiet von sehr grosser Capacität innervirt, indem das Gefässgebiet des chylopoëtischen Systems geräumig genug ist, nahezu die ganze Blutmenge des Körpers aufzunehmen. Unterbindet man einem Thiere die Pfortader, so geht es unter den Erscheinungen der Anämie zu Grunde, weil sich im chylopoëtischen System so viel Blut ansammelt, dass die übrigen Organe an Blut verarmen. Erwähnen will ich noch, dass die Gefässnerven die Gefässstämme auf lange Strecken zu begleiten scheinen, nicht erst in der Region der peripherischen Ausbreitung die Nervenstämme zu verlassen und zu den Gefässen überzutreten. Goltz durchschnitt an dem Schenkel eines Kaninchens Alles bis auf Arterie und Vene galvanocaustisch. Wenn er dann die Haut desselben rieb oder mit Senföl bestrich, so röthete sie sich noch.

Eine Erscheinung, die hier noch mit aufgezählt werden muss unter denjenigen, welche von vasomotorischen Nerven abhängig sind, ist die Erection des Penis. Eckhard hat gefunden und experimentell an Hunden nachgewiesen, dass aus dem ersten, zweiten und dritten Sacralnerven Fasern in den Sympathicus übergehen, welche mit diesem zu den Gefässen

des Penis gelangen, und dass die Reizung dieser Nerven Erection des Penis hervorruft. Es ist noch nicht ausgemacht, in wie weit hier erregende und in wie weit hier hemmende Wirkungen übertragen werden; gewiss ist nur, dass die Erection nicht ausschliesslich und auch nicht der Hauptsache nach durch gehinderten Rückfluss des Venenblutes hervorgebracht wird. Es strömt bei derselben eine viel grössere Blutmenge, als sonst durch die Arterien in die Bluträume des cavernösen Gewebes ein. Die Nervi erigentes können bekanntlich durch die N. optici und N. olfactorii vom Gehirne aus erregt werden, ebenso von den verschiedensten Tastnerven der Körperoberfläche. Die Kette der Erregungen braucht aber nicht immer durchs Gehirn abzulaufen. Hunden, denen Goltz das Rückenmark durchschnitten hatte, konnten Erectionen durch Streichen am Penis leichter und sicherer erzeugt werden, als unversehrten Hunden. Es liegt also auch im Lendenmarke ein Reflexcentrum für die Erection und, wie aus einer Beobachtung von Brachet hervorgeht, auch für die Ejaculation. Druck auf eine Hinterpfote oder electrische Reizung der Gefühlsnerven hebt diese Reflexerection auf, ebenso wie an unversehrten Thieren kräftigere Einwirkung auf sensible Nerven die Erection aufhebt. Hier ist also nicht der Schmerz als solcher das Wirksame, sondern der Vorgang im Nervensysteme, der uns zugleich das Gefühl des Schmerzes hervorruft.

Einen merkwürdigen Reflexhemmungsnerven für das gesammte Gefässsystem haben wir schon früher im N. depressor kennen gelernt.

Untersucht man den Darmkanal, so findet man, dass zwischen den Muskellagen desselben eine grosse Anzahl von mikroskopischen Ganglien zerstreut liegt, der sogenannte Plexus myentericus von Auerbach. Es liegt auf den ersten Anblick der Schluss nahe, dass dies Ganglien seien, welche in ähnlicher Weise, wie die des Herzens, die Pulsationen desselben vermitteln, die zwar nicht rythmischen, aber doch in einer gewissen Reihenfolge ablaufenden Bewegungen des Darmes zu Stande bringen. Man muss aber mit dergleichen Schlüssen vorsichtig sein; denn zerstreute, mikroskopische Ganglien kommen auch anderweitig vor, wo von solchen periodischen oder in einer gewissen Reihenfolge ablaufenden Bewegungen nichts bekannt ist. Sie kommen z. B., wie Jakubowitsch vor einer Reihe von Jahren entdeckt hat, in der Harnblase vor. Es ist überhaupt schwer zu sagen, durch welche Innervationsvorgänge der Motus peristalticus des Darmkanals zu Stande kommt, und wie viel bei demselben jedesmal auf die Erregung von Nervenfasern, und wie viel auf die directe Erregung der Muskelfasern zu rechnen sei. Da dem Darmkanale mit dem Sympathicus die verschiedenartigsten Nervenfasern zugehen, motorische, vasomotorische, hemmende u. s. w., so sind auch die Erscheinungen, welche auf Reizung derselben eintreten, in hohem Grade inconstant. Man hat Bewegungen des ruhenden Darmkanales auf Reizung der N. splanchnici eintreten gesehen. Man hat aber andererseits den bewegten Darmkanal auf Reizung der N. splanchnici zur Ruhe kommen gesehen und hat daraus geschlossen, dass der N. splanchnicus ein Hemmungsnerv für den Darmkanal sei. Alle diese Erscheinungen aber, welche man hier auf Reizung erhält, sind deshalb schwer zu beurtheilen, weil auch noch andere Einflüsse in Betracht kommen als diejenigen, welche man durch die Nervenreizung direct erzeugt. Vor Allem wirkt die atmo-

sphärische Luft ein. Der Einfluss dieser wurde in neuerer Zeit durch Sanders insofern bis zu einem gewissen Grade eliminirt, als die ganzen Versuche in einer Kochsalzlösung von 0,6 % angestellt wurden. Dann wirkt aber auch das Blut ein, welches in grösserer oder geringerer Menge in den Darmkanal hineinfliesst, und namentlich ist es nach den Versuchen von Sigmund Mayer und v. Basch der venöse Zustand des Blutes, welcher Contractionen hervorruft. Sie haben unter allen Umständen, wo das Blut in den Darmgefässen venös wurde, oder wo venöses Blut in die Darmgefässe hineinfloss, Contractionen im Darmkanale eintreten gesehen. Bei dieser Vielfältigkeit der Bewegungsursachen, kann man sich wohl nicht wundern, dass die Resultate der Versuche und die Schlüsse, die aus ihnen gezogen wurden, bei verschiedenen Beobachtern so verschieden ausfielen.

Die motorischen Blasennerven stammen nach Versuchen von Budge aus dem dritten und vierten Sacralnerven. Die zugehörigen centralen Bahnen sollen durch die Vorderstränge und die Corp. restiformia bis in Pedunculi cerebri verfolgt werden können. Blasenlähmungen nach Rückenmarksverletzungen in den verschiedensten Höhen sind auch allen Aerzten wohl bekannt. Nach Gianuzzi und nach Golz bekommen indessen Hunde, denen das Rückenmark durchschnitten ist, meist wieder nach einiger Zeit das Vermögen Harn zu lassen. Der Harn fliesst nicht passiv ab, sondern wird unter Beihülfe des Bulbocavernosus ausgestossen. Bisweilen kann auch solche Harnentleerung durch äusseren Reiz reflectorisch hervorgerufen werden, es muss also ein Reflexcentrum im Lendenmark liegen. Aehnliches findet Golz für den Afterschliesser.

Aehnlichen Schwierigkeiten, wie beim Darm, begegnen wir bei den Bewegungen des Uterus, über welche in neuerer Zeit namentlich von Oser und Schlesinger Versuche angestellt worden sind. Diese haben ergeben, dass auch hier, ähnlich wie dies auch beim Darmkanal beobachtet wurde, Abhalten des Blutes aus den Gefässen des Uterus Contractionen hervorbringt, dass aber der Erfolg einige Zeit auf sich warten lässt. Der Erfolg tritt aber viel plötzlicher auf, wenn man allgemeine oder wenn man Gehirnanämie hervorbringt. Sie überzeugten sich auch durch Durchschneidung der Medulla oblongata zwischen Atlas und Hinterhaupt, dass Impulse vom Gehirne zum Uterus gehen und ihn in Contraction versetzen, und dass sie das Rückenmark entlang fortgepflanzt werden. Die Gehirnanämie wurde nämlich unwirksam, wenn sie die Medulla oblongata durchschnitten hatten, während die locale Anämie noch ihre Wirkung äusserte. Diese Impulse sind aber sicher nicht die einzigen. Ein 24jähriges Mädchen erlitt während der Schwangerschaft einen Bruch des dritten und vierten Halswirbels. Obere und untere Extremitäten waren gelähmt, ebenso Mastdarm und Harnblase. Ebenso verbreitet war die Empfindungslosigkeit. Das Mädchen gebar ohne Schmerzen, aber das Vorhandensein von Wehen, von Uteruscontractionen, konnte objectiv sicher und deutlich constatirt werden. Von besonderem Interesse ist folgende Beobachtung von Golz. Er hatte einer Hündin in ihrer Jugend das Rückenmark in der Höhe des ersten Lendenwirbels durchtrennt. Das Thier war geheilt, aber die Leitung nicht wieder hergestellt. Als es erwachsen war, wurde es brünstig, und Golz liess es belegen. Es gebar ein lebendes Junges, dem noch zwei andere todte

folgten, wenn auch so langsam, dass man die Entbindung durch Kunsthülfe beendigte. Es ist bemerkenswerth, dass das Thier, welches sonst alle männlichen Hunde weggebissen hatte, sich, nachdem es brünstig geworden, gutwillig belegen liess, obgleich ihm doch durch das Rückenmark keinerlei Empfindungen von seinen Geschlechtstheilen aus zugeleitet werden konnten. Es musste dies also entweder durch Bahnen des Sympathicus geschehen, oder es musste, wie es Golz nicht für unwahrscheinlich hält, die geschlechtliche Umstimmung durch eine veränderte Beschaffenheit des Blutes bewirkt sein. Bemerkenswerth ist auch, dass sich sämmtliche Milchdrüsen entwickelten und mit Milch anfüllten, auch die vorderen, und dass das Thier dem Jungen dieselbe Zärtlichkeit und Obsorge zuwendete, wie eine Hündin mit unverletztem Nervensystem.

Gesichtssinn.

Das Auge.

Im Alterthume sah man das menschliche Auge als aus drei Flüssigkeiten und drei Häuten bestehend an. Die drei Flüssigkeiten waren: Der Humor aqueus, der diesen Namen auch jetzt noch trägt. Der Humor crystallinus, den wir jetzt Lens crystallina nennen, und der Humor vitreus, den wir jetzt mit dem Namen des Corpus vitreum bezeichnen. Auch in den drei Häuten der alten Anatomen finden wir unsere Augenhäute wieder; aber die Namen haben mannigfache Wandlungen durchgemacht. Mit dem Namen Sclera, Cornea, Dura bezeichneten die alten Anatomen die jetzige Cornea und Sclerotica zusammengenommen, die äussere Haut des Augapfels. Erst später ist der Name Cornea auf den vorderen durchsichtigen Theil übergegangen, während der Name Sclera oder Sclerotica dem undurchsichtigen Theile geblieben ist. Die zweite Haut der alten Anatomen war die Tunica uvea. Sie war so genannt von einer Weinbeere, an der man den Stengel ausgerissen hat. Es war darunter nichts anderes verstanden, als die jetzige Chorioidea mit Einschluss der Iris, so dass die Pupille das Stengelloch für die Weinbeere darstellte, aus der eben der Stengel ausgerissen war. Diese Haut führte auch zugleich den Namen Chorioeides oder Chorioidea, wie es heisst, weil man ihr eine Aehnlichkeit mit dem Chorion zuschrieb. Später trennte sich der Name so, dass der hintere Theil den Namen Chorioidea behielt, und der Name Uvea, der ursprünglich das ganze bezeichnet hatte, auf den vorderen Theil beschränkt wurde. Der vordere Theil aber, am lebenden Menschen von vorne gesehen, führte schon den Namen Iris, es blieb also jetzt nur übrig, dass eine hintere Partie dieser Iris mit dem Namen Uvea bezeichnet wurde, und daher ist das seltsame Missverständniss gekommen, welches eine Zeit lang herrschte, dass die Blendung aus zwei an einander liegenden und mit einander verwachsenen Häuten bestünde, von welchen die vordere den Namen Iris und die hintere den Namen Uvea führte. Wir werden in dem Folgenden immer den Namen Uvea, in demselben Sinne, wie die alten Anatomen, für die Gesammtheit dieser Haut gebrauchen.

und dagegen den Namen Iris und Chorioidea auf die einzelnen Partien in der jetzt üblichen Weise vertheilen.

Die dritte dieser Häute war die Tunica retina, auch Aranea Arachnoidea, die Spinnwebenhaut genannt. Diese umfasste das, was wir jetzt Retina nennen, ausserdem das, was wir jetzt Zonula Zinnii nennen, und in der ältesten Zeit auch noch die vordere Wand der Linsenkapsel. Die Namen dieser Haut rühren sämmtlich von einen Teile her, den wir jetzt nicht mehr mit dem Namen der Retina bezeichnen. Sie wurde Retina genannt, weil man sie mit einem Netze, das oben zusammengezogen ist, verglich, und der zusammengezogene Theil, der zu diesem Vergleiche Veranlassung gab, war, wie begreiflich, nicht unsere jetzige Retina, sondern die Zonula Zinnii. Auch der Name Aranea oder Arachnoidea rührt von der Zonula Zinnii her, indem man die strahlige Figur, die die Zonula Zinnii von vorne gesehen darbietet, mit dem strahligen Gewebe einer Kreuzspinne verglich. Später wurde die Linsenkapsel als besondere Haut, als Phakoeides, unterschieden, so dass also der Name Retina oder Aranea auf unsere jetzige Retina und auf unsere jetzige Zonula Zinnii, welche noch in verhältnissmässig später Zeit als ein Theil der Retina betrachtet wurde, beschränkt war.

Auch das, was wir jetzt mit dem Namen Conjunctiva bezeichnen, ist in der Weise, wie wir es jetzt beschreiben, erst in verhältnissmässig später Zeit beschrieben worden. Wir finden freilich eine Tunica adnata beschrieben, aber diese entspricht im Alterthume und in der ganzen galenistischen Periode, ja selbst noch bei mehreren Anatomen des 17. Jahrhunderts nicht dem, was wir jetzt Conjunctiva nennen, sondern einem Bindegewebstracte, welcher sich aus der Tiefe der Orbita, vom Rande des Foramen opticum über den Augapfel hin verfolgen lässt. Es ist dies die Capsule du globe de l'œil einiger späterer französischer Anatomen. Vesal leitete als der erste die Conjunctiva so wie wir von der inneren Haut der Augenlider her. In Wahrheit ist unsere Conjunctiva keine selbstständige Membran. So wie wir sie für die anatomische Demonstration präpariren, können wir sie nur darstellen, indem wir eine Menge von Bindegewebe durchschneiden. Wir unterscheiden bekanntlich eine Conjunctiva bulbi und eine Conjunctiva palpebrarum. Wir präpariren sie so, dass wir das ganze Auge mit den Augenlidern ausschneiden und dann das Bindegewebe rückwärts wegnehmen, so dass wir eine sackförmige Haut erhalten, an der, wenn wir sie an den Augenlidern aufheben, der Bulbus hängt, indem er mit der Hornhaut den convexen Boden dieses Sackes bildet. Wir sind aber dabei nur einer Oberfläche gefolgt, die uns durch ihre Erkrankungen ein wesentliches Interesse darbietet, nicht die Oberfläche einer anatomisch selbstständigen Haut darstellt. Wir haben mit dem Messer die Faserzüge durchtrennt, mittelst welcher sich die Substanz der sogenannten Bindehaut in die des tiefer liegenden Bindegewebes der Augenhöhle fortsetzte.

Die Hornhaut.

Die Cornea stellt den Scheitelabschnitt eines etwas schiefliegenden Ellipsoids dar, das man sich durch Umdrehung einer Ellipse um ihre grosse Axe entstanden denken muss. Sie ist in ihrer ganzen Ausdehnung näherungsweise von gleicher Dicke, beim Erwachsenen aber in der Mitte,

gegen den Corneascheitel hin, etwas dünner, am Rande etwas dicker. Beim Neugebornen findet das Umgekehrte statt, indem bei diesem die Cornea im Scheitel am dicksten ist und ihre Dicke gegen den Rand hin etwas abnimmt. Die Cornea besteht aus vier Schichten: einem vorderen geschichteten Pflasterepithel, dann aus der sogenannten Substantia propria corneae, die bei Weitem die Hauptmasse derselben ausmacht, drittens aus der glasartigen Lamelle der Hornhaut oder der sogenannten Descemet'schen Membran, und endlich aus einem Epithel, das die Descemet'sche Haut rückwärts bekleidet. Das vordere äussere Epithel steht in directem Zusammenhange mit dem der Bindehaut. Die tiefste Schichte desselben besteht aus verhältnissmässig hohen und schlanken Zellen, die durch polyedrische in abgeplattete übergehen, welche an der Oberfläche in mehreren Schichten über einander liegen. Die zweite Schichte, die Substantia propria corneae, hat zu mancherlei Controversen Veranlassung gegeben. Man erkannte frühzeitig, dass sie aus Fasern besteht, und Johannes Müller wusste bereits, dass diese Fasern sich auch in chemischer Hinsicht wesentlich von denen der Sclera und vom Bindegewebe und fibrösen Gewebe überhaupt unterscheiden. Er fand, dass diese Fasern beim Kochen Chondrin geben. Er sagte deshalb, die Cornea sei der einzige wahre Faserknorpel, weil der gewöhnlich sogenannte Faserknorpel aus leimgebenden Fasern und Knorpelsubstanz, die zwischen den leimgebenden Fasern eingesprengt ist, besteht. Später ist die faserige Natur der Cornea geläugnet worden. Man hat sie als lediglich aus Lamellen bestehend dargestellt. Rollett hat aber nachgewiesen, dass die alte Ansicht, dass die Cornea aus Fasern bestehe, die richtige ist. Man hatte immer den Vorwurf erhoben, dass die Fasern durch künstliche Spaltung, durch Bearbeiten der Cornea mit der Nadel hervorgebracht würden; die Streifung, die man auf dem Schnitte sehe, rühre nicht von Fasern, sondern von Lamellen her. Rollett wies aber nach, dass man auch ohne Anwendung von Nadeln die Fasern erhalten könne, wenn man die Kittsubstanz, die dieselben hier, wie im Bindegewebe, miteinander verbindet, durch übermangansaures Kali zerstört. Dann kann man durch blosses Schütteln die ganze Cornea in ein Haufwerk von Fasern auflösen. Diese Fasern liegen in Bündeln, die mattenartig durchflochten sind und gerade in der menschlichen Cornea einen verhältnissmässig unregelmässigen Verlauf haben. Schon bei den Wiederkäuern haben diese Bündel eine etwas regelmässigere Lage, kreuzen sich mehr unter rechten Winkeln. In noch höherem Grade ist dies bei den Vögeln der Fall. In dem von ihnen gebildeten Mattenwerk sind bestimmt geformte und begrenzte Zwischenräume, und diese sind von lebenden Zellen bewohnt, welche den Bindegewebskörperchen analog sind, und die man hier mit dem Namen der Corneakörperchen bezeichnet. Diese Zellen haben aber nicht alle feste Wohnsitze. Sie strecken zum Theil nicht nur wie andere amöboide Zellen Fortsätze aus und ziehen sie zurück, sondern sie strecken Fortsätze in der Weise aus, dass sie sich in ein langes, keulenförmiges Gebilde verwandeln. Der Fortsatz ist in einen Communicationsgang zwischen zwei grösseren Räumen hineingesteckt, und wird immer weiter bis in den anderen Raum vorgeschoben, dann immer mehr und mehr von dem Protoplasma nachgezogen, so dass endlich die Figur einer Keule in umgekehrter Lage entsteht, dass sich der Zellenleib dort befindet,

wo früher die Spitze des Fortsatzes war. Der Fortsatz, der jetzt dem Protoplasmaleibe nachschleppt, wird endlich eingezogen, und auf diese Weise hat die ganze Zelle einen Weg in der Cornea zurückgelegt. Diese Zellen sind die sogenannten Wanderzellen der Cornea.

Recklinghausen hat vor einer Reihe von Jahren gezeigt, dass auch Lymphkörperchen in die interstitiellen Gewebsräume der Cornea einwandern können. Er zerstörte in einer Hornhaut auf mechanischem Wege die darin enthaltenen Hornhautkörperchen. Hierauf brachte er sie in den Lymphraum eines Frosches und fand nun, dass die amöboiden Zellen, die Lymphkörperchen aus dem Lymphraume des Frosches in die Cornea einwanderten und sie von Neuem bevölkerten. Die Cornea niederer Thiere, namentlich die der Frösche und der Salamander, gibt das beste Object ab, um die Wanderung von amöboiden Zellen, wie sie unzweifelhaft auch an anderen Orten im menschlichen Körper stattfindet, zu beobachten. Sie wird frisch ausgeschnitten und als Ganzes in der feuchten Kammer, von der mehrere Formen von Recklinghausen und von Stricker angegeben wurden, vor Verdunstung geschützt, beobachtet. Dann sieht man, wie diese Zellen ihre Fortsätze ausstrecken und einziehen, wie sie ihren Ort verändern u. s. w.

Man hat an der Substantia propria corneae oder vielmehr zwischen ihr und dem Epithel eine Tunica elastica anterior beschrieben, so dass man dann die Descemet'sche Haut als Tunica elastica posterior bezeichnete. Eine solche selbstständige Tunica elastica anterior existirt aber nicht, sondern nur eine festere, dichtere, oberflächliche Lage der Substantia propria corneae. Sie kommt dadurch zu Stande, dass zahlreiche Bündel von Fasern an die Oberfläche gehen, an derselben flache Bögen bilden und dann wieder in die Tiefe hinabsteigen. Hiedurch entsteht ein dichteres und festeres Geflecht, das weniger Lücken, also auch weniger Hornhautkörperchen enthält als die tiefern Schichten, aber aus denselben Elementartheilen gebildet ist, wie diese und sich durch keine bestimmte Grenze von ihnen scheidet. Es ist freilich behauptet worden, dass man zwischen dem Epithel und der Substantia propria corneae auf Querschnitten eine Zwischenschicht wahrnehme, welche durch einen deutlichen Contour von der Substantia propria corneae abgesetzt sei. Das beruht aber auf einer Täuschung. Es rührt dies daher, dass man ziemlich dicke Schnitte unter das Mikroskop brachte, in welchen die Grenzfläche zwischen Substantia propria corneae und Epithel schief gegen die Axe des Mikroskops geneigt verlief. Nun sah man eine Trennungslinie zwischen dem Epithel und der vermeintlichen Tunica elastica anterior: das war die Durchschnittslinie jener Grenzfläche an der einen Seite des Schnittes, und eine andere sah man zwischen der vermeintlichen Tunica elastica anterior und der Cornea: das war der Durchschnitt jener Trennungsfläche an der anderen Seite des Schnittes. Wenn man mit starken Vergrösserungen arbeitet, so dass man bei dergleichen dicken Schnitten nur die eine oder andere Ebene, die der oberen Seite oder die der unteren Seite, niemals beide zugleich, deutlich sieht; dann überzeugt man sich durch Einstellen, dass man es nicht mit zwei nebeneinander liegenden Grenzflächen zu thun hat, sondern mit einer schief verlaufenden Trennungsfläche, deren Durchschnitt sich beim Hinauf- und Herunterschrauben des Mikroskops im Sehfelde verschiebt.

gegen den Corneascheitel hin, etwas dünner, am Rande etwas dicker. Beim Neugebornen findet das Umgekehrte statt, indem bei diesem die Cornea im Scheitel am dicksten ist und ihre Dicke gegen den Rand hin etwas abnimmt. Die Cornea besteht aus vier Schichten: einem vorderen geschichteten Pflasterepithel, dann aus der sogenannten Substantia propria corneae, die bei Weitem die Hauptmasse derselben ausmacht, drittens aus der glasartigen Lamelle der Hornhaut oder der sogenannten Descemet'schen Membran, und endlich aus einem Epithel, das die Descemet'sche Haut rückwärts bekleidet. Das vordere äussere Epithel steht in directem Zusammenhange mit dem der Bindehaut. Die tiefste Schichte desselben besteht aus verhältnissmässig hohen und schlanken Zellen, die durch polyedrische in abgeplattete übergehen, welche an der Oberfläche in mehreren Schichten über einander liegen. Die zweite Schichte, die Substantia propria corneae, hat zu mancherlei Controversen Veranlassung gegeben. Man erkannte frühzeitig, dass sie aus Fasern besteht, und Johannes Müller wusste bereits, dass diese Fasern sich auch in chemischer Hinsicht wesentlich von denen der Sclera und vom Bindegewebe und fibrösen Gewebe überhaupt unterscheiden. Er fand, dass diese Fasern beim Kochen Chondrin geben. Er sagte deshalb, die Cornea sei der einzige wahre Faserknorpel, weil der gewöhnlich sogenannte Faserknorpel aus leimgebenden Fasern und Knorpelsubstanz, die zwischen den leimgebenden Fasern eingesprengt ist, besteht. Später ist die faserige Natur der Cornea geläugnet worden. Man hat sie als lediglich aus Lamellen bestehend dargestellt. Rollett hat aber nachgewiesen, dass die alte Ansicht, dass die Cornea aus Fasern bestehe, die richtige ist. Man hatte immer den Vorwurf erhoben, dass die Fasern durch künstliche Spaltung, durch Bearbeiten der Cornea mit der Nadel hervorgebracht würden; die Streifung, die man auf dem Schnitte sehe, rühre nicht von Fasern, sondern von Lamellen her. Rollett wies aber nach, dass man auch ohne Anwendung von Nadeln die Fasern erhalten könne, wenn man die Kittsubstanz, die dieselben hier, wie im Bindegewebe, miteinander verbindet, durch übermangansaures Kali zerstört. Dann kann man durch blosses Schütteln die ganze Cornea in ein Haufwerk von Fasern auflösen. Diese Fasern liegen in Bündeln, die mattenartig durchflochten sind und gerade in der menschlichen Cornea einen verhältnissmässig unregelmässigen Verlauf haben. Schon bei den Wiederkäuern haben diese Bündel eine etwas regelmässigere Lage, kreuzen sich mehr unter rechten Winkeln. In noch höherem Grade ist dies bei den Vögeln der Fall. In dem von ihnen gebildeten Mattenwerk sind bestimmt geformte und begrenzte Zwischenräume, und diese sind von lebenden Zellen bewohnt, welche den Bindegewebskörperchen analog sind, und die man hier mit dem Namen der Corneakörperchen bezeichnet. Diese Zellen haben aber nicht alle feste Wohnsitze. Sie strecken zum Theil nicht nur wie andere amöboide Zellen Fortsätze aus und ziehen sie zurück, sondern sie strecken Fortsätze in der Weise aus, dass sie sich in ein langes, keulenförmiges Gebilde verwandeln. Der Fortsatz ist in einen Communicationsgang zwischen zwei grösseren Räumen hineingesteckt, und wird immer weiter bis in den anderen Raum vorgeschoben, dann immer mehr und mehr von dem Protoplasma nachgezogen, so dass endlich die Figur einer Keule in umgekehrter Lage entsteht, dass sich der Zellenleib dort befindet,

wo früher die Spitze des Fortsatzes war. Der Fortsatz, der jetzt dem Protoplasmaleibe nachschleppt, wird endlich eingezogen, und auf diese Weise hat die ganze Zelle einen Weg in der Cornea zurückgelegt. Diese Zellen sind die sogenannten Wanderzellen der Cornea.

Recklinghausen hat vor einer Reihe von Jahren gezeigt, dass auch Lymphkörperchen in die interstitiellen Gewebsräume der Cornea einwandern können. Er zerstörte in einer Hornhaut auf mechanischem Wege die darin enthaltenen Hornhautkörperchen. Hierauf brachte er sie in den Lymphraum eines Frosches und fand nun, dass die amöboiden Zellen, die Lymphkörperchen aus dem Lymphraume des Frosches in die Cornea einwanderten und sie von Neuem bevölkerten. Die Cornea niederer Thiere, namentlich die der Frösche und der Salamander, gibt das beste Object ab, um die Wanderung von amöboiden Zellen, wie sie unzweifelhaft auch an anderen Orten im menschlichen Körper stattfindet, zu beobachten. Sie wird frisch ausgeschnitten und als Ganzes in der feuchten Kammer, von der mehrere Formen von Recklinghausen und von Stricker angegeben wurden, vor Verdunstung geschützt, beobachtet. Dann sieht man, wie diese Zellen ihre Fortsätze ausstrecken und einziehen, wie sie ihren Ort verändern u. s. w.

Man hat an der Substantia propria corneae oder vielmehr zwischen ihr und dem Epithel eine Tunica elastica anterior beschrieben, so dass man dann die Descemet'sche Haut als Tunica elastica posterior bezeichnete. Eine solche selbstständige Tunica elastica anterior existirt aber nicht, sondern nur eine festere, dichtere, oberflächliche Lage der Substantia propria corneae. Sie kommt dadurch zu Stande, dass zahlreiche Bündel von Fasern an die Oberfläche gehen, an derselben flache Bögen bilden und dann wieder in die Tiefe hinabsteigen. Hiedurch entsteht ein dichteres und festeres Geflecht, das weniger Lücken, also auch weniger Hornhautkörperchen enthält als die tiefern Schichten, aber aus denselben Elementartheilen gebildet ist, wie diese und sich durch keine bestimmte Grenze von ihnen scheidet. Es ist freilich behauptet worden, dass man zwischen dem Epithel und der Substantia propria corneae auf Querschnitten eine Zwischenschicht wahrnehme, welche durch einen deutlichen Contour von der Substantia propria corneae abgesetzt sei. Das beruht aber auf einer Täuschung. Es rührt dies daher, dass man ziemlich dicke Schnitte unter das Mikroskop brachte, in welchen die Grenzfläche zwischen Substantia propria corneae und Epithel schief gegen die Axe des Mikroskops geneigt verlief. Nun sah man eine Trennungslinie zwischen dem Epithel und der vermeintlichen Tunica elastica anterior: das war die Durchschnittslinie jener Grenzfläche an der einen Seite des Schnittes, und eine andere sah man zwischen der vermeintlichen Tunica elastica anterior und der Cornea: das war der Durchschnitt jener Trennungsfläche an der anderen Seite des Schnittes. Wenn man mit starken Vergrösserungen arbeitet, so dass man bei dergleichen dicken Schnitten nur die eine oder andere Ebene, die der oberen Seite oder die der unteren Seite, niemals beide zugleich, deutlich sieht; dann überzeugt man sich durch Einstellen, dass man es nicht mit zwei nebeneinander liegenden Grenzflächen zu thun hat, sondern mit einer schief verlaufenden Trennungsfläche, deren Durchschnitt sich beim Hinauf- und Herunterschrauben des Mikroskops im Sehfelde verschiebt.

Auf die Substantia propria corneae folgt die Descemet'sche Haut. Diese ist eine glasartige, structurlose Membran. Sie ist so gleichmässig durchsichtig, dass, wenn ein Lappen von ihr unter dem Mikroskope liegt, der das halbe Sehfeld einnimmt, man nicht weiss, auf welcher Seite der Schnitt liegt, und auf welcher Seite kein Object vorhanden ist. Nur auf Schnitt- und auf Rissflächen sieht man eine leichte Streifung, welche auf einen lamellösen Bau schliessen lässt. Beim Menschen bringt man sie gewöhnlich nur in kleineren Stücken herunter, die, wenn sie etwas grösser sind, sich krümmen und einrollen, in ähnlicher Weise wie ein Papier, das längere Zeit zusammengerollt gewesen ist. Bei manchen Thieren aber, beim Kaninchen und mehr noch beim Hasen, kann man sie durch Maceration als Ganzes darstellen. Sie wurde unter verschiedenen Namen beschrieben: als Membrana Descemetii, Membrana Demoursii, Membrana Duddeliana, Membrana humoris aquei u. s. w. Wenn man sie nach ihrem Entdecker nennen will, muss man sie Membrana Descemetii nennen, weil sie Descemet zuerst und richtig beschrieben hat. Den Namen der Membrana humoris aquei hat man ihr irrthümlicher Weise gegeben, indem man glaubte, dass sie die ganzen Augenkammern auskleide und den Humor aqueus absondere. Es hing das mit gewissen Vorstellungen zusammen, nach welchen die Flüssigkeiten, welche sich in den serösen Höhlen befinden, von den Häuten, die diese Höhlen begrenzen, durch eine eigene specifische Thätigkeit abgesondert werden sollten. Wir wissen aber heutzutage, dass es nicht die serösen Häute als solche, sondern vielmehr die Blutgefässe sind, welche in dem durch ihre Wandungen gedrungenen Plasma das Material zu solchen Flüssigkeiten hergeben. Wenn es aber eine Haut gibt, die ungeeignet wäre, Flüssigkeiten abzusondern, so ist es gewiss die Descemet'sche Haut, weil sie fester, widerstandsfähiger, undurchgängiger ist, als irgend eine Membran des menschlichen Körpers, die Linsenkapsel etwa ausgenommen. Man kann mit mehr Wahrscheinlichkeit sagen, dass ihr wesentlicher Nutzen darin besteht, dass sie die hintere Fläche der Cornea mit einer für wässerige Flüssigkeiten schwer durchgängigen Schichte bekleidet und so die Infiltration des Humor aqueus in die Cornea beschränkt. Ihre Widerstandsfähigkeit zeigt sich auch bei Geschwürsbildungen. Wenn ein trichterförmiges Geschwür schon die ganze Substantia propria corneae durchbrochen hat, sieht man noch im Grunde des Geschwürs die Descemet'sche Membran erhalten, so dass sie wie eine helle, durchsichtige Perle im Grunde des Geschwürs steht und erst nach längerer Zeit durchbrochen wird. Ferner zeigt sie sich sehr widerstandsfähig gegen Reagentien und widersteht dem Kochen lange Zeit. Sie bekleidet, wie gesagt, die Rückseite der Cornea, geht aber nicht auf die Iris über, sondern hört an der Grenze der Sclera mit einem zugeschärften Rande auf, der sich zwischen diese und den an ihr angehefteten Ciliartheil der Iris einschiebt, und an dessen Innenseite sich der später zu beschreibende Musculus tensor chorioideae ansetzt. Nach innen ist sie mit einem einschichtigen Pflasterepithel bekleidet, das aus einer einfachen Lage durchsichtiger Zellen mit stark prominirenden Kernen besteht. Dieses Epithel der Descemet'schen Haut setzt sich auf die Iris fort und geht in die oberste Lage der Zellen über, welche die Iris nach vorne zu überkleiden.

Die Nerven der Cornea kommen von den Ciliarnerven und treten ringsum am Rande der Hornhaut als kleine Stämmchen ein. Sie ver-

zweigen sich in der ganzen Ausdehnung derselben und scheinen in zweierlei Weise zu endigen. Zunächst in der Tiefe der Cornea. Hier hat Kühne auf ein eigenthümliches Verhalten der Nerven zu den Hornhautkörpern aufmerksam gemacht. Er fand, dass diese, wenn sie ihre Fortsätze ausgestreckt hatten, durch letztere wenigstens theilweise mit den Enden der Nervenfasern in Verbindung standen. Reizte er die Nerven, so zogen die Corneakörperchen ihre Fortsätze ein und standen nun nicht mehr mit den Nervenfasern in Verbindung, so dass hier kein wirkliches Zusammenhängen, sondern nur eine Aneinanderlagerung von Fortsätzen und Nervenfasern stattfindet und doch eine Uebertragung der Erregung, wenn man nicht etwa annehmen will, dass die Verbindung vorher eine wirkliche war und durch die plötzliche Contraction zerriss. Der Zusammenhang der Nervenfasern mit den Hornhautkörperchen ist mehrfach bestritten, aber in neuester Zeit von Königstein insofern bestätigt worden, als er an Hornhäuten, die mit Gold gefärbt waren, die Hornhautkörperchen noch an den Nervenfäden hängend fand, nachdem er die Fasern durch Salzsäure zerstört hatte. Mit der anderen Art der Endigung der Nervenfasern sind wir durch die Untersuchungen von Cohnheim bekannt gemacht worden. Er fand an Goldpräparaten, dass auf der oberen Schichte der Substantia propria corneae ein dichter Plexus von sehr feinen marklosen Fasern liege, die sich nach rückwärts bis zu den schon früher bekannten tieferliegenden Fasern verfolgen liessen. Von diesem dringen sehr feine marklose Fäden nach aufwärts zwischen die Epithelzellen, um zwischen denselben blind zu endigen.

Blutgefässe hat nur der Randtheil der Cornea. Sie kommen von der Conjunctiva und überschreiten den Rand der Cornea an beiden Seiten etwa um 1 Mm., von unten her etwa um $1^1/_2$ Mm., und von oben her etwa um 2 Mm. Es entsteht dadurch ein gefässfreies Feld auf der Cornea, welches seiner Gestalt nach einer Ellipse mit horizontal liegender grosser Axe nahe kommt. Am Rande dieser Ellipse endigen die Blutgefässe mit arkadenförmigen capillaren Schlingen. Man hat der übrigen Hornhaut noch ein System von feineren Gefässen, welches von den Capillargefässen aus gespeist werden soll, zugeschrieben, ein System von so feinen Gefässen, dass in sie keine Blutkörper eindringen, sondern nur Plasma. Ein solches existirt hier nicht. Man glaubte die speisenden Capillaren in feinen radial verlaufenden und anscheinend blind endigenden Gefässen am Hornhautrande zu sehen. Aber diese sind nichts anderes als die radial verlaufenden Schenkel der Endschlingen. Wenn man dergleichen Injectionen im frischen Zustande untersucht, so findet man noch Blutkörperchen im Verbindungstheile zweier solcher Schenkel angesammelt. Diese Bilder entstehen dadurch, dass die Injectionsmasse von beiden Seiten eine Portion Blut zwischen sich eindrängt und nun nicht die ganze Schlinge erfüllen kann.

Man hat sich vielfach auf die pathologischen Erscheinungen berufen und gesagt, es müssten normaler Weise in der Hornhaut Gefässe vorhanden sein, weil diese bei Entzündung derselben so rasch erscheinen. Diese Beweisführung hat aber heutzutage keinen Werth mehr, seit man die Geschwindigkeit kennt, mit welcher sich pathologische Gefässe bilden können. Früher als man sich noch der erstarrenden, körperlichen Injectionsmassen bediente, konnte man glauben, dass hier in der That ein feines Gefässnetz sei, welches nur äusserst schwer injicirt wird. Heut-

zutage aber, wo wir mit Injectionsmassen, die keine festen Körper enthalten, mit Carmin, löslichem Berlinerblau u. s. w. injiciren, können wir mit Sicherheit sagen, dass hier keine Gefässe vorhanden sind, da an gesunden Augen sich die Gefässgrenze immer in ein und derselben Weise darstellt.

Lymphgefässe sind auch in der Cornea beschrieben worden. Es ist keine Frage, dass, wenn man einen Einstich macht und eine gefärbte Masse hineintreibt, mittels derselben ein System von interstitiellen Gewebsräumen, von Saftkanälen, zwischen den Fasern der Cornea erfüllt wird. Es sind dies dieselben interstitiellen Gewebsräume, in welchen die Corneakörperchen theils liegen, theils ihre Wanderungen vollziehen, erweitert und gelegentlich auch vermehrt durch den Druck der Injectionsmasse. Von wirklichen Lymphgefässen kann aber hier keine Rede sein, schon deshalb nicht, weil hier keine Blutgefässe vorhanden sind, und bekanntlich die Lymphgefässe immer nur die Kanäle darstellen, die das in den Capillaren überflüssig ausgeschiedene Plasma zurückführen.

Die Sclerotica.

Die Sclerotica ist eine fibröse Membran. Sie ist am dicksten am hinteren Umfange des Auges, verdünnt sich dann gegen den Aequator des Augapfels hin und dann noch mehr unter den Ansätzen der geraden Augenmuskeln; dann verdickt sie sich wieder, indem die Fasern von den Sehnen der geraden Augenmuskeln nach vorne und nach den Seiten hin in sie ausstrahlen und so gewissermassen, indem sie sich mit den Scleroticafasern verflechten, eine neue Schicht bilden. Diese vordere Verdickung, welche die Sclera unter Mitwirkung der Sehnen der geraden Augenmuskeln erführt, ist als eigene Membran, als die sogenannte Tunica innominata Columbi beschrieben worden. Sie stellt aber keine solche dar, sondern lässt sich nur gewaltsam mit dem Messer ablösen. Die Sclera ist verhältnissmässig gefässarm und enthält unter ihrer inneren Oberfläche ein ziemlich weitmaschiges Netz von Capillaren. An der Eintrittsstelle des Sehnerven findet sich ein schon Haller bekannter, arterieller Gefässkranz, der zahlreiche Aeste in das Bindegewebe sendet, welches die einzelnen Bündel der Sehnervenfasern von einander trennt. An der inneren Seite der Sclera hat man eine Lamina fusca scleroticae unterschieden. Unter diesem Namen sind aber zwei verschiedene Dinge beschrieben worden. Bei vielen Thieren hat die innere Partie der Sclera selbst Pigmentzellen, so dass die innere Oberfläche derselben gefärbt ist; und das hat man als Lamina fusca scleroticae beschrieben. Andererseits aber befindet sich zwischen der Chorioidea und der Sclera ein zartes, bei brünetten Menschen pigmentirtes Gewebe, das seinem histologischen Charakter nach dem Stroma der Chorioidea gleich ist, das aber häufig der Sclera fester anhaftet als der Chorioidea, so dass es, wenn man in der gewöhnlichen Weise die Sclera von der Chorioidea abtrennt, als ein weicher, gefärbter Ueberzug auf der Innenfläche der Sclera bleibt. Auch dieses Gewebe ist mit dem Namen der Lamina fusca scleroticae bezeichnet worden.

Die Sclera ist bald mehr kugelförmig, bald bildet sie ein schiefliegendes Ellipsoid, das man sich durch Umdrehung einer Ellipse um

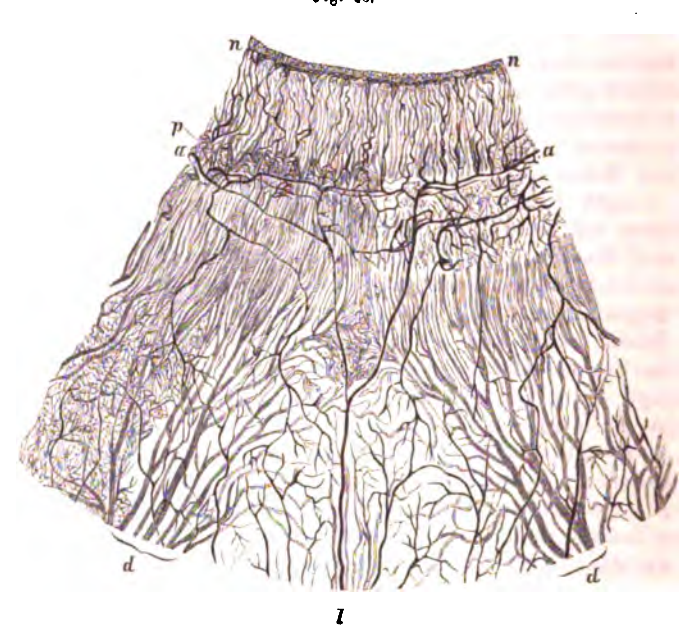
ihre kleine Axe entstanden denken kann: seltener bildet sie ein schiefliegendes Ellipsoid, das man sich durch Umdrehung einer Ellipse um ihre grosse Axe entstanden denken kann. Letzteres kommt bei den sehr langen Augen vor, die wir später als die sehr kurzsichtiger Individuen kennen lernen werden. Man sagt gewöhnlich, dass sie nach vorn mit der Cornea in der Weise verbunden sei, dass die Cornea wie ein Uhrglas in eine Uhr in sie eingesetzt sei. Das ist aber nicht ganz richtig. Das Uhrglas ist in die Uhr mittels eines eigenen Falzes eingefasst, und dem entsprechend sprach man auch von einem Falze der Sclera, in welchen die Cornea eingesetzt sei. Ein solcher Falz aber existirt nicht, sondern die Grenze zwischen Cornea und Sclera läuft von vorne nach hinten geradlinig fort und zwar an den Seiten ziemlich der Augenaxe parallel, oben und unten aber gegen diese geneigt und zwar in der Weise, dass sie sich nach vorn zu derselben nähert, nach rückwärts sich von derselben entfernt. Die vordere Ansicht der Hornhaut stellt deshalb eine querliegende Ellipse dar, während sie von rückwärts kreisförmig erscheint. Bei diesem theilweise schrägen Verlaufe zwischen Cornea und Sclera kann man bei der beträchtlichen Dicke der Häute schon in einiger Entfernung von der äusserlich sichtbaren Grenze zwischen Cornea und Sclera ein Instrument durch die letztere bringen und gelangt mit demselben doch noch in die vordere Augenkammer. Erst wenn man noch weiter nach rückwärts eingeht, kommt man in die hintere Augenkammer und zum Linsenrande. Die Descemet'sche Haut hört an dieser Stelle, wie erwähnt, mit einem zugeschärften Rande auf. Unmittelbar an der Grenze der Cornea, aber noch in der Substanz der Sclera, liegt der sogenannte Canalis Schlemmii. Schlemm fand an Erhängten einen mit Blut gefüllten Ring, der die Peripherie der Cornea umfasste. Er untersuchte denselben näher und fand, dass er in jedem Auge vorhanden, nur nicht stets mit Blut gefüllt sei, dass man ihn aber an jedem Auge mit Quecksilber füllen könne. Er beschrieb diesen Ring, der schon früher gesehen, aber mit dem später zu beschreibenden Canalis Fontanae, dann auch mit dem Circulus venosus Hovii verwechselt war, als einen venösen Sinus, der die Cornea umfasse, und dieser Sinus ist nach ihm der Canalis Schlemmii genannt worden. Er ist aber kein einfacher Sinus im gewöhnlichen Sinne des Wortes, sondern er besteht, wie spätere Untersuchungen gezeigt haben, aus mehreren Venen, die sich zu einem ringförmigen Plexus vereinigen und die Peripherie der Cornea umfassen.

Die Tunica uvea.

Die Tunica uvea kann räumlich eingetheilt werden in die Blendung, in den Ciliartheil (Corpus ciliare) und in die Chorioidea im engeren Sinne des Wortes. Wenn man sich von dem Aufbaue der Uvea eine Vorstellung machen will, so fängt man am besten mit der Beschreibung der Gefässe an, die hier einen grösseren Bruchtheil der Gesammtmasse als bei den meisten andern anatomischen Gebilden ausmachen. Erst durch eine ausgezeichnete von Leber im Ludwig'schen Laboratorium ausgeführte Arbeit haben wir eine richtige Einsicht in die Anordnung derselben und in den Blutlauf des Augapfels erhalten.

Man muss dreierlei arterielle Zuflüsse unterscheiden. Erstens die Arteriae ciliares posticae breves, kleine Stämmchen, die etwa zwanzig an der Zahl am hinteren Pole des Auges und im Umkreise des Sehnerven die Sclera durchbohren, in die Chorioidea eintreten, sich in derselben verbreiten und ein reiches, dichtes Capillarnetz bilden, welches die innerste Schichte des Gefässgerüstes bildet. Die Capillaren liegen also hier nach innen von den Arterien und Venen. Zweitens muss man die Arteriae ciliares posticae longae (Fig. 18 *l*) unterscheiden, die zwei an der Zahl, die eine an der Schläfenseite, die andere an der Nasenseite nach vorwärts gehen, sich, wenn sie im Ciliartheile der

Fig. 18.

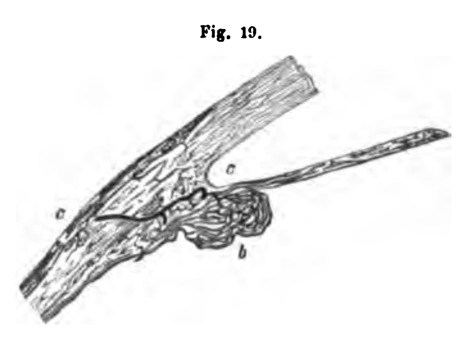


Chorioidea angelangt sind, gabelförmig theilen und mit ihren Aesten einen Kranz bilden, indem diese miteinander anastomosiren. Dieser Kranz umfasst die Iris und heisst der Circulus iridis arteriosus major (F. 18 *a*, *a*). Von diesem gehen Aeste in den Ciliartheil der Chorioidea, in den später näher zu beschreibenden Spannmuskel und in die Ciliarfortsätze. Ein anderer Theil der Aeste geht in die Iris. Die dritte Art der arteriellen Zuflüsse besteht in kleinen Aesten, die sich von den Augenmuskelarterien abzweigen, die Sclera in ihrem vorderen Theile durchbohren (Fig. 19 *c c*) und ihr Verbreitungsgebiet theils im Ciliartheile der Chorioidea, theils in der Iris haben. Diese Gebilde haben also zweifache arterielle Zuflüsse, die einen durch die Arteriae ciliares posticae longae, die anderen durch die Arteriae ciliares anticae.

Figur 18 und 19 nach Leber.

Die Arterien der Blendung bilden nahe dem Pupillarrande einen zweiten Anastomosenkranz, den Circulus iridis arteriosus minor (Fig. 18 *n*, *n*). Das Venenblut, das aus dem vorderen Theile der Uvea zurückgeführt wird, hat verschiedene Abflüsse. Es geht theils durch Venen ab, welche als Venae ciliares anticae bezeichnet werden, am vorderen Theile des Auges durchbohren und mit den Venen des Canalis Schlemmii, die aber kein Irisblut aufnehmen, zusammenhängen: theils fliesst es durch die Venennetze der Processus ciliares, Fig. 18 *p*, Fig. 19 *b*, die der Hauptsache nach von den Irisvenen gespeist werden, aber auch etwas Blut aus dem nach aussen von ihnen liegenden Spannmuskel aufnehmen. Diese Venennetze, welche das eigentliche Gerüst der Ciliarfortsätze bilden, sind, 70 bis 72 an der Zahl, zwischen die Falten der Zonula Zinii eingesenkt. Aus ihnen verlaufen die Venen in kleinen, parallel neben einander liegenden Stämmen nach rückwärts bis zur Ora serrata retinae, wo das Capillarnetz der Chorioidea beginnt. Sie nehmen dessen Blut auf und setzen sich zu grösseren Aesten (Fig. 18 *d*) zusammen, die in bogenförmigem Verlaufe in sechs, bisweilen auch nur in fünf oder vier Stämme zusammenfliessen, so dass springbrunnenförmige Gefässfiguren entstehen, die schon mit blossem Auge und ohne Injection als solche kenntlich sind. Da sind die Vasa vorticosa Stenonis, so genannt nach dem dänischen Anatomen Stenson. Diese also führen, indem sie nicht weit hinter dem Aequator die Sclerotica durchbohren, den bei weitem grössten Theil des Venenblutes der Uvea aus dem Augapfel ab.

Fig. 19.



Die Tunica uvea enthält drei Muskeln. Erstens den M. tensor chorioideae, der mit einer Insertion, die, aus verzweigtem, netzförmigem Bindegewebe gebildet, am Rande der Descemet'schen Haut befestigt ist. Die Fasern laufen nach rückwärts und setzen sich an die Chorioidea an. Es sind glatte, organische Muskelfasern. Wenn sich diese Fasern contrahiren, so ist es begreiflich, dass sie die Chorioidea um die Retina und den Glaskörper anspannen müssen. Ich habe deshalb diesen Muskel Tensor chorioideae benannt. Er wird in neuerer Zeit auch als Ciliarmuskel bezeichnet. Gegen diesen Namen ist einzuwenden, dass er insofern zu Verwechslungen Anlass geben kann, als man früher irrthümlicher Weise Muskeln in den Ciliarfortsätzen angenommen hat, die zur Linse gehen sollten, und diese vermeintlichen Muskelfasern mit dem Namen des M. ciliaris belegte. Später ist von Heinrich Müller noch eine tiefere, circuläre Schicht des Tensor beschrieben worden. In neuerer Zeit sind gegen dieselbe Zweifel erhoben. Es ist sicher, dass die Fasern der tieferen Schichte meist weniger gerade von vorn nach hinten verlaufen, als die der oberflächlichen. Man sieht auf Meridianschnitten vom Tensor chorioideae meistens zahlreiche Querschnitte von Muskelfasern nach innen von den Längsschnitten. Nun bekommt man aber leicht von

schräg verlaufenden Muskelfasern Querschnitte, und ausserdem geschieht es bei der Weichheit der Gebilde, dass, wenn die oberflächlichen Fasern sich etwas zusammenziehen, die tiefer liegenden sich im Zickzack biegen, und dadurch Querschnitte entstehen. Es ist nun in neuerer Zeit angegeben worden, dass man bisweilen glückliche Schnitte erhalte, auf denen gar keine Querschnitte von Muskelfasern zu sehen sind. Aber diese können wiederum nicht als beweisend betrachtet werden gegen die Existenz eines inneren Ringmuskellagers, denn nach den Untersuchungen von Iwanoff verhalten sich verschiedene Augen sehr verschieden. Nach ihm fehlt das Ringmuskellager in kurzsichtigen Augen in der Regel, ist aber in solchen, die in der Richtung der Axe besonders kurz sind, und die wir später unter dem Namen der hypermetropischen kennen lernen werden, auffallend stark und deutlich entwickelt.

Der zweite Muskel ist der Sphincter pupillae; der als ein Band von etwa 1 Mm. Breite die Pupille umgibt und hier, abgesehen von der hinteren Pigmentlage, sich durch die ganze Iris erstreckt. Von ihm aus lässt sich der viel ausgedehntere, aber viel dünnere M. dilatator pupillae verfolgen. Dieser inserirt sich einerseits am Sphincter pupillae, andererseits an der Verbindung des Margo ciliaris Iridis mit dem Ciliartheile der Chorioidea. Er bildet eine dünne radiale Lage, die nach hinten von den Blutgefässen, aber nach vorn von der hinteren Pigmentbekleidung der Iris liegt.

Das Stroma, in welches alle diese Gebilde eingelagert sind, ist sowohl bei der Chorioidea als bei der Iris verzweigtes Bindegewebe. Die braunen und die schwarzen Augen sind solche, in denen dieses Stroma pigmentirt ist, die blauen sind solche, bei denen dieses Stroma nicht pigmentirt ist, wo deshalb das durchscheinende Gewebe der Iris als ein trübes Medium vor einem dunklen Hintergrunde, vor der hintern Pigmentbekleidung der Iris, liegt. Da dieses Stroma sein Pigment erst im extrauterinen Leben bekommt, so werden alle Kinder mit blauen Augen geboren, wie dies schon Aristoteles gewusst hat. Er sagt: Alle Kinder werden mit dunkelblauen Augen geboren und erst später bekommen sie braune oder hellblaue Augen. Das letztere ist ebenfalls ganz richtig. Die Augen werden heller blau, weil die Masse des trübenden Gewebes sich vermehrt, und deshalb eine grössere Menge Lichtes reflectirt wird, als dies beim Neugebornen der Fall ist. — Dieses verzweigte Bindegewebe bildet einen dichten Filz, so dass namentlich in der Chorioidea des Erwachsenen es kaum noch möglich ist, die einzelnen Zellen mit ihren Fortsätzen von einander zu isoliren. Man kann aber bei schwach pigmentirten Augen sehr gut einzelne stark pigmentirte Zellen mit ihren Ausläufern in der schwächer pigmentirten Umgebung wahrnehmen.

Das Stroma der Chorioidea wird, wenn man von aussen nach innen fortschreitet, immer fester und schliesst nach innen zu ab mit einem dünnen glashellen, von feinen, wie es scheint, elastischen Fasern durchzogenen Häutchen, Köllikers Glashaut oder elastischer Lage der Chorioidea.

Das Innere der ganzen Chorioidea ist von einer Schicht von Zellen ausgekleidet, welche ihrer Entwicklung nach schon zur Retina gehört, anatomisch aber zur Chorioidea gerechnet wird. Sie ist in allen Augen mit Ausnahme derer von Albinos pigmentirt. Es ist dies die sogenannte

innere Pigmentauskleidung der Chorioidea. Sie besteht aus sechseckigen, sehr regelmässigen Zellen, die mit körnigem Pigmente erfüllt sind und in welche die äussersten Elemente der Retina, die Stäbchen und Zapfen, eingesenkt sind. Nach den Untersuchungen von Ant. Frisch wird das Pigment erst nach dem Tode rundkörnig oder, wie es oft abgebildet wird, nierenförmig. Im Leben stellt es scharfkantige Gestalten dar, oft prismen- oder schienenförmig, die sich in die Zwischenräume zwischen den Enden der Retinastäbchen einschieben. Die Zellen setzen sich nach vorne zu fort, werden im Ciliartheile der Chorioidea mehr platt und geschichtet, überziehen die Processus ciliares, und das Lager erreicht seine grösste Dicke an der hinteren Seite der Iris, wo es sich bis zum Rande derselben fortsetzt. Es ist in diesem ganzen Verlaufe pigmentirt, nur auf den Firsten der Ciliarfortsätze ist es bei Erwachsenen nicht pigmentirt. Wenn man deshalb das Auge eines Erwachsenen durchschneidet und die vordere Hälfte desselben von rückwärts ansieht, so sieht man um die Linse herum einen weissen Strahlenkranz, der durch die nicht pigmentirten Firsten der Ciliarfortsätze hervorgebracht wird. Bei neugebornen Kindern ist dies nicht der Fall.

Die Nerven der Tunica uvea sind die Ciliarnerven. Sie durchbohren die Sclerotica in vierzehn, selten weniger, häufig mehr Stämmen an ihrer hinteren Hemisphäre in der Richtung von hinten nach vorn, so dass sie häufig in einer Länge von drei bis vier Millimetern in derselben verharren. Der grösste Theil derselben nimmt seinen Ursprung aus dem Gangl. ciliare, durch das sämmtliche motorische Fasern für das innere Auge gehen, während demselben ein Theil der sensiblen durch die N. ciliares longi aus dem Nasociliaris zukommt. Die auf und in dem Gewebe der Chorioidea nach vorn verlaufenden Ciliarnerven verzweigen sich im Ciliartheil, zumeist im Spannmuskel der Chorioidea, dann in der Iris und in der Hornhaut.

Die Tunica uvea ist mit dem Rande der Descemet'schen Haut und der Sclera durch die Insertion des Spannmuskels der Chorioidea verbunden, und andererseits gehen nach vorne von dieser Fasern von dem Gewebe der Iris an die Descemet'sche Haut, so dass, wenn man die Iris etwas anzieht, diese Fasern, über welche das Epithel hinübergeht, sich in kleinen Riffen anspannen. Die gestreifte Verbindung, die auf diese Weise entsteht, ist das sogenannte Ligamentum iridis pectinatum. Zwischen diesen Verbindungsstellen, zwischen der Uvea einerseits und der Cornea und Sclera andererseits ist mehrfach ein Kanal unter dem Namen des Canalis Fontanae beschrieben worden. Der eigentliche Canalis Fontanae, d. h. das, was Fontana an Ochsenaugen als solchen beschrieben hat, existirt im Menschenauge nicht. Beim Menschenauge liegen die Befestigung der Iris an die Cornea und die Insertion der Tensor chorioideae unmittelbar nebeneinander. Beim Ochsenauge dagegen besteht eine Verbindung zwischen Iris einerseits und Cornea und Sclera andererseits, und dann kommt erst nach einer Strecke die Insertion des Tensor chorioideae, welche die zweite Verbindung der Uvea und der Sclera darstellt. Zwischen diesen beiden Verbindungen liegt nur lockeres Chorioidealstroma, so dass man, wenn man Quecksilber hineinlaufen lässt, einen ringförmigen Raum erfüllen kann, der nach innen von der Uvea, nach vorn von der Verbindung der Iris mit der Cornea, nach hinten

von der Verbindung des Tensor chorioideae mit der Sclera und nach aussen von der Sclera begrenzt ist. Dieser Raum war es, welchen Fontana in einem Briefe an den Anatomen Murray als einen von ihm neuentdeckten Kanal beschrieb. Dieser Kanal wurde mit dem Canalis Schlemmii verwechselt, indem man Schlemm, als er seinen Kanal beschrieb, den Vorwurf machte, dass derselbe nichts sei, als der längst bekannte Fontana'sche Kanal. Das ist aber unrichtig, denn der Schlemm'sche Kanal ist ein ringförmiger Venenplexus, welcher in der Sclera liegt, während der Fontana'sche Kanal kein Venenplexus ist und auch kein Sinus, und nicht in der Sclera liegt, sondern zwischen der Sclera und der Uvea. Der Canalis Fontanae ist ferner mit dem Circulus venosus Hovii verwechselt worden. Dieser ist aber erstens vom Canalis Fontanae gänzlich verschieden, und zweitens ist der Circulus venosus Hovii im menschlichen Auge auch nicht vorhanden. Dieser Circulus venosus Hovii, der in der berühmten Dissertation von Hovius de circulari motu in oculis beschrieben wurde, ist nichts anderes als eine grosse Venenanastomose zwischen den Aesten der Vasa vorticosa, die den hinteren Rand des Tensor chorioideae umfasst, während der wahre Canalis Fontanae nach vorn vom Tensor Chorioideae liegt.

Ausser ihrer Verbindung mit der Sclera und Cornea hat die Uvea noch eine Verbindung mit der Zonula Zinnii, die darin besteht, dass die Ciliarfortsätze in den Falten der Zonula Zinnii stecken und mit denselben verklebt sind. Da andererseits die Zonula Zinnii sich an die Linsenkapsel ansetzt, so ist hiemit eine indirecte Verbindung zwischen der Linsenkapsel und der Tunica uvea hergestellt. Es ist aber unrichtig, wenn behauptet wird, dass die Ciliarfortsätze selbst bis an die Linse heranreichen. Es ist dies an der Leiche nicht der Fall und auch nicht im Leben. Man kann sich davon überzeugen an Albinos, d. h. an solchen Individuen, bei welchen mit den übrigen sonst mehr oder weniger pigmentirten Geweben die Uvea und ihre Auskleidung nicht pigmentirt und deshalb durchscheinend ist, so dass die Augen durch die Farbe des Blutes roth erscheinen. Bei diesen kann man bei passender Beleuchtung durch die Iris hindurch erstens den Rand der Linse und zweitens auch die Enden der Ciliarfortsätze sehen. Professor Otto Becker hat mir einmal einen solchen Albino vorgestellt, den er selbst bereits untersucht hatte, und bei dem man sich mit Leichtigkeit überzeugen konnte, dass sowohl bei der Accommodation für die Nähe, als auch beim Sehen in die Ferne, kurz unter allen Umständen immer noch ein kleiner Raum zwischen den Enden der Ciliarfortsätze und der Linsenkapsel blieb.

Dagegen ruht die Iris mit ihrem Pupillarrande auf der Linse auf, wie dies in dem bekannten Augendurchschnitte von Arlt dargestellt worden ist, und schleift bei ihren Bewegungen auf der Oberfläche der Linse. Damit hängt die Ruhe und die Regelmässigkeit ihrer Bewegungen zusammen, denn bei Augen, bei welchen die Linse aus ihrer Lage gebracht oder extrahirt ist, sieht man nicht selten die Iris schlottern, kleine wellenförmige Bewegungen an ihrem Pupillarrande ausführen. Mit dem Schleifen des Pupillarrandes auf der Linse hängt es auch zusammen, dass, wenn die Iris sich contrahirt, der Pupillarrand etwas nach vorn geht, und, wenn die Pupille sich erweitert, der Pupillarrand etwas zurückgeht. Es ist dies die natürliche Folge davon, dass die vordere

Fläche der Linse convex ist. Man kann sich von diesen Verhältnissen am besten durch ein kleines Instrument überzeugen, welches bereits von Petit angegeben wurde, das aber dann in Vergessenheit kam und in neuerer Zeit von Czermak wieder selbstständig erfunden wurde. Es besteht in einem kleinen Kasten mit rechtwinklig gegen einander gestellten Seitenwänden, die aus planparallelen Gläsern gemacht sind. An diesem Kasten fehlt die obere und die hintere Wand, und die untere, die innere, für die Nasenseite bestimmte, und die äussere, für die Schläfenseite bestimmte sind so ausgeschnitten, dass das Instrument an Wange und Schläfe genau angelegt werden kann. Dieser Kasten wird fest angedrückt und mit Wasser gefüllt, dann kann man von der Seite hineinsehen und sieht nun die vordere Kuppe der Linse und die auf derselben schleifende Iris in ihrer natürlichen Lage. Dass man die Iris und die Linsenkapsel ohne ein solches Instrument nicht in ihrer natürlichen Lage sieht, beruht ja darauf, dass die Cornea eine convexe brechende Oberfläche hat. Da nun aber der Humor aqueus näherungsweise die Dichtigkeit des Wassers hat, und andererseits die Cornea an ihrem Rande nur wenig dicker ist als in der Mitte und daher nahezu wie ein gekrümmtes Planglas wirkt; so sehen wir, wenn wir eine solche Wasserschicht vor die Cornea gelegt haben, in welche wir durch eine plane Oberfläche hinsehen, indem die Brechung der convexen Oberfläche der Cornea aufgehoben ist, die Theile in der Tiefe der vorderen Augenkammer in ihrer wahren Lage. Man kann sich dann überzeugen, dass die Iris bei mittlerem Stande der Pupille meist ziemlich eine Ebene bildet, dass, wenn die Pupille sich verengert, die Iris einen flachen abgestumpften Kegel nach vorn bildet, und dass, wenn die Pupille sich stark erweitert, der Pupillarrand der Iris sich nach rückwärts begibt, bisweilen in solchem Grade, dass die Fläche der Iris vom Ciliarrande gegen den Pupillarrand hin deutlich nach rückwärts gekrümmt erscheint.

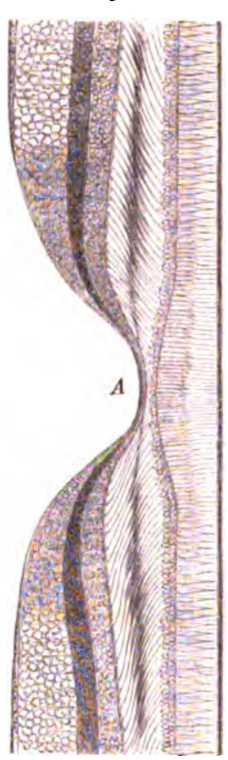
Eine Zeit lang glaubten Viele, dass die ganze hintere Oberfläche der Iris, nicht nur der Pupillarrand derselben, auf der Linse aufliege. Das ist aber nur bei neugebornen Kindern der Fall. Es ist deshalb nicht wahr, dass auch bei Erwachsenen eine hintere Augenkammer nicht existire. Es existirt eine solche im alten Sinne des Wortes. Es ist nur keine so breite Communication zwischen vorderer und hinterer Augenkammer, als früher angenommen wurde, als man nicht wusste, dass der Rand der Iris auf der Oberfläche der Linse aufruht.

Retina.

Wir kommen jetzt zur dritten Schicht der Augenhäute, zu der Retina und zur Zonula Zinnii. Die Retina ist als die vordere, peripherische Ausbreitung des N. opticus anzusehen. Man kann sie aber nicht mit der peripherischen Ausbreitung eines gewöhnlichen sensiblen Nerven vergleichen, sondern man muss sie als einen Theil des Centralnervensystems ansehen, der in ein Sinnesorgan, in das Auge hinein, vorgeschoben ist. Demgemäss entsprechen auch die Nervenfasern des N. opticus nicht den gewöhnlichen peripherischen Nervenfasern, sondern ihrer Beschaffenheit nach denen der weissen Substanz des Gehirns und Rückenmarks.

Die Retina wird nach vorn durch die sogenannte Ora serrata begrenzt. Hier hören die nervösen Elemente mit einem gezackten Rande (Ora serrata) auf. Es setzt sich aber noch eine Schicht von Zellen fort, welche zwischen der Pigmentauskleidung der Chorioidea und der Zonula Zinnii liegt. Diese Zellenschicht, welche mit der embryonalen Anlage der Retina angehört, ist zu verschiedenen Zeiten als Pars ciliaris retinae beschrieben worden. Wir wissen heutzutage, dass diese Partie der Netzhaut keine Lichteindrücke mehr empfängt, wir lassen deshalb die Netzhaut mit der Ora serrata endigen.

Fig. 20.



Die Retina selbst besteht aus folgenden Schichten. Erstens aus der sogenannten Stäbchenzapfenschicht Fig. 20, *a*. Die Stäbchen sind palissadenartige, helle, durchsichtige Gebilde, welche sich nach dem Tode sehr bald verändern, namentlich wenn sie mit Wasser oder andern Flüssigkeiten in Berührung kommen, sich krümmen, sich der Quere nach in plattenartige Stücke aufblättern u. s. w. Sie sind mit ihren Enden in das Protoplasma und zwischen das Pigment der sechseckigen Zellen eingesenkt, die das Innere der Chorioidea auskleiden. Zwischen ihnen stehen andere Gebilde, die man mit dem Namen der Zapfen bezeichnet. Diese Zapfen, Coni, sind namentlich in ihrem unteren Theile dicker als die Stäbchen. Sie bestehen aus einem Innengliede, welches in die nächstfolgende Schicht eingesenkt ist und sich mit Karmin roth färbt, und aus einem äusseren konischen Gliede, welches sich mit Karmin nicht färbt, glashell, durchsichtig und zwischen die Stäbchen eingeschoben ist, so dass das Ganze die Form einer sehr langen, dünnen Flasche erhält. Diese Zapfen sind nicht überall gleichmässig in der Netzhaut vertheilt. Sie sind in grösster Menge an der Stelle der Netzhaut vorhanden, mit welcher wir am deutlichsten sehen und auf welcher wir deshalb die Gegenstände abzubilden suchen, die wir sehen wollen. Diese Stelle bezeichnen wir mit dem Namen des Centrum retinae. Sie ist im todten Auge gekennzeichnet durch einen gelben Fleck, die Macula lutea oder Macula flava retinae, in dessen Mitte eine kleine Grube, die wir mit dem Namen der Fovea centralis retinae bezeichnen, liegt (Fig. 20, *A*). An dieser Stelle finden sich nur Zapfen, ohne dass Stäbchen zwischen sie eingeschlossen wären. Je weiter man sich aber von ihr entfernt, um so mehr Stäbchen treten auf und zwar zuerst nur ein einfacher Ring um jeden Zapfen, später in grösserer Menge, so dass in der Gegend der Ora serrata nur noch einzelne Zapfen zerstreut in der Masse der Stäbchen stehen.

Fig. 20 stellt einen Durchschnitt durch das Centrum retinae nach Max Schultze dar.

Die zweite Schicht ist die sogenannte äussere Körnerschicht, Fig. 20 *r*, die aus kernartigen Gebilden besteht, welche mit feinen Fäden zusammenhängen, die sich an das System von Fäden anschliessen, das in senkrechter Richtung, das heisst senkrecht auf der Oberfläche des Glaskörpers, die Retina durchzieht. Dann kommt eine Schicht, an der sich keine bestimmte Structur erkennen lässt, die im frischen Zustande durchsichtig ist, in der man nur feine radiäre Fäden durchgehen sieht, und die an in Chromsäure oder Müllerischer Flüssigkeit gehärteten Augen fein gekörnt erscheint. Diese Schicht heisst deshalb die molekuläre Schicht (Fig. 20, *p*). Sie verdickt sich gegen den gelben Fleck bedeutend, und die Fasern, die sonst die Schichten der Retina senkrecht oder nahezu senkrecht durchsetzen, richten sich hier in der Weise schief, dass, wenn man ihren Verlauf von aussen nach innen verfolgt, sie sich immer mehr vom Centrum retinae entfernen (siehe Fig. 20). Unter dem Boden der Fovea centralis verdünnt sich diese Schicht wie alle folgenden auf ein Minimum. Ihr folgt eine Lage, die wiederum aus kernartigen Gebilden besteht, die innere Körnerschicht (Fig. 20, *q*). Dann wieder eine ähnliche molekuläre, eine Zwischenschicht (Fig. 20, *c*), und hierauf eine Lage von Ganglienzellen (Fig. 20, *d*) mit Fortsätzen, die mit Nervenfasern in Verbindung stehen. Dann folgt endlich die Ausbreitung dieser letzteren (Fig. 20, *s*). Sie hat eine sehr verschiedene Dicke je nach dem Orte der Retina, welchen man durchschneidet. Begreiflicher Weise ist sie am dicksten unmittelbar an der Eintrittsstelle des Sehnerven. Je mehr sich die Bündel von der Eintrittsstelle des Sehnerven entfernen, um so mehr Fasern finden ihre Endigung, und daher wird diese Schicht um so dünner, je mehr man sich der Ora serrata nähert. Es gibt aber noch eine andere Stelle der Netzhaut, an welcher sich diese Schicht der Retina auf ein Minimum verdünnt, und diese ist das Centrum retinae. Durch dieses geht keine einzige Sehnervenfaser, sondern sie laufen theils geradlinig, theils im Bogen zu derselben hin. Ein Theil der Fasern findet hier in der Fovea centralis seine Endigung, und die andern umfassen bogenförmig das Centrum retinae um in den mehr peripherisch gelegenen Theilen ihre Endigung zu suchen. Da an dieser Stelle die Retina überhaupt verdünnt ist, und namentlich hier keine zusammenhängende Faserschicht existirt, so ist sie an dieser Stelle besonders zerreisslich, und man findet die Netzhaut deshalb an Leichen nicht selten im Grunde der Fovea centralis retinae mit einem kleinen Loche durchbohrt. Diese Durchbohrung, die am Lebenden nicht existirt, ist das sogenannte Foramen Sömmeringii.

Die Retina ist im lebenden Zustande vollständig durchsichtig. Man kann sich davon überzeugen, wenn man irgend einem Thiere die Augenlider öffnet und ihm dann den Kopf unter Wasser taucht, so dass man, ähnlich wie mit dem Petit'schen Kästchen, in das Auge des Thieres hineinsehen kann. Man kann sich aber auch am lebenden Menschen durch den Augenspiegel davon überzeugen. Nach dem Tode wird die Retina trübe. Dass die Retina durchsichtig sei, erfordert natürlich, dass die Sehnervenfasern ihr Mark verlieren, wenn sie einmal in die Retina eingetreten sind und sich in derselben verbreiten. Das ist auch beim Menschen normaler Weise der Fall. Bei manchen Thieren aber, z. B. beim Kaninchen und Hasen existiren zwei Faserbüschel, die nach entgegen-

gesetzter Richtung ausstrahlen und aus markhaltigen und deshalb weissen Fasern bestehen. Beim Menschen kommt dies als Anomalie vor, und bei solchen Menschen hat deshalb der blinde Fleck, von dem wir später sprechen werden, eine grössere Ausdehnung und eine andere Gestalt, als im normalen Auge.

Die Blutgefässe der Retina verlaufen auf der Innenfläche derselben als Arteria und Vena centralis retinae mit ihren Aesten. Auch die Hauptmasse des Capillargefässnetzes liegt auf der inneren Oberfläche der Sehnervenfaserschicht: aber da, wo dieselbe noch dick ist, gehen auch kleine Aestchen und Capillaren in die Tiefe hinein, so dass sie die Sehnervenbündel umspinnen. Ueber die Schicht der Nervenfasern gehen die Blutgefässe selten hinaus.

Die Retina ist nach innen von einer glashellen Haut, der Membrana limitans Pacini (Fig. 20, *l*) begrenzt. Mit dieser steht ein grosser Theil der die Retina senkrecht durchsetzenden Fasern in Verbindung, die gegen dieselbe hin spitzbogenförmige Arkaden bilden, in deren Lichtungen die Bündel der Sehnervenfasern eingebettet sind. Man hat diese Membrana limitans Pacini auch als Membrana limitans interna unterschieden, indem Max Schultze an der äusseren Grenze der Körnerschicht, zwischen ihr und der Stäbchenzapfenschicht auch eine festere Grenzschicht unterschieden hat, welche er als Membrana limitans externa bezeichnete. Es muss aber bemerkt werden, dass diese letztere Membran kein so selbstständiges und für sich abziehbares Gebilde darstellt, wie die Membrana limitans interna; man hat sie sich vielmehr als ein Gitterwerk zu denken, das sich an erhärteten Netzhäuten durch seine Consistenz unterscheidet, und durch dessen Maschenräume die einzelnen Elemente durchgesteckt sind.

Nachdem wir die histologischen Elemente der Netzhaut kennen gelernt haben, kommen wir zu der wichtigen Frage, welche Elemente es sind, die dem Lichte als erster Angriffspunkt dienen. Es ist schon von vornherein klar, dass dies nicht die Nervenfasern in ihrem Verlaufe sein können, da alles deutliche Sehen darauf beruht, dass auf der Netzhaut Localzeichen erzeugt werden, welche einzeln und gesondert zum Gehirne gebracht werden. Wenn aber dergleichen Localzeichen im Verlaufe einer Faser erzeugt werden könnten, so würden gleichzeitig verschiedene auf ein und dieselbe Faser fallen können, und es würde dadurch eine Verwirrung der Eindrücke entstehen. Das Princip, nach welchem diese Eindrücke empfangen werden, muss das sein, dass sie zunächst auf mosaikartig angeordnete Gebilde übertragen werden, die einzeln entweder direct oder indirect mit den Sehnervenfasern in Verbindung stehen. Ein Versuch von Heinrich Müller, den wir später beschreiben werden, hat überdies gezeigt, dass der Angriffspunkt für das Licht gar nicht auf der vorderen Seite der Netzhaut liegen kann, sondern dass er an der andern Seite, nahe der Chorioidea liegen muss. Er hat gezeigt, dass er in der Stäbchenzapfenschicht liegen muss. Fragen wir nun da wieder, ob es die Stäbchen oder die Zapfen sind, welche wir mit Wahrscheinlichkeit als diejenigen bezeichnen können, die zunächst erregt werden, so müssen wir sagen, dass es wahrscheinlicher ist, dass wir die Zapfen dafür in Anspruch zu nehmen haben. In der Fovea centralis retinae sehen wir am deutlichsten, hier haben wir das feinste Unterscheidungsvermögen, also auf einem gege-

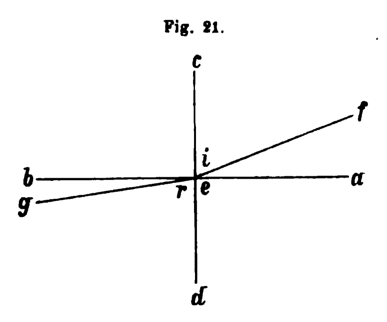
benen Raume die grösste Summe von Localzeichen; hier aber befinden sich gar keine Stäbchen, sondern nur Zapfen. Je weiter wir zu den Seitentheilen der Netzhaut fortschreiten, je mehr wir ins indirecte Sehen hineinkommen, um so mehr Stäbchen finden wir zwischen die Zapfen eingelagert, und um so geringer wird auch unser Unterscheidungsvermögen. Man hat deshalb auch eifrig nach dem nervösen Zusammenhange zwischen den Zapfen und den Sehnervenfasern geforscht, ist aber über die Art desselben noch nicht völlig einig. Die erste Verbindung eines Zapfens mit einer Nervenzelle beschrieb schon im Jahre 1853 von Vintschgau, während man andererseits wusste, dass die Nervenzellen (Ganglienkugeln) Fortsätze aussenden, die mit den Sehnervenfasern in Verbindung stehen. Ob die Stäbchen bei der Lichtperception direct betheiligt sind oder nicht, wissen wir bis jetzt nicht, aber das können wir sagen, dass auf alle Fälle ihre palissadenartige Gestalt, und ihre mosaikartige Anordnung für das Sehen von Bedeutung ist.

Das deutliche Sehen kommt dadurch zu Stande, dass ein Lichtkegel von einer bestimmten Farbe ein einzelnes Nervenelement erregt. Nun ist die Retina durchsichtig, er geht also durch das Nervenelement hindurch, gelangt zur Chorioidea und wird hier beim Menschen zum grossen Theile durch das Chorioidealpigment absorbirt. Alles Licht wird aber hier nicht absorbirt, wie dies heutzutage aus den Augenspiegelbeobachtungen hinreichend bekannt ist, wo wir ja die Dinge im Auge nur vermöge des Lichtes sehen, das aus demselben zurückkommt. Noch viel mehr Licht wird aber bei manchen Thieren reflectirt z. B. bei den Katzen, Hunden, Schafen, Rindern u. s. w. Bei diesen liegt auf der pigmentirten Chorioidea zwischen dem Stroma derselben und dem Capillargefässnetz eine eigene Schicht, das sogenannte Tapetum oder die Membrana versicolor Fieldingii. Diese besteht bei den Carnivoren aus Zellen, bei Herbivoren aber und bei allen denjenigen Beutelthieren, welche ein Tapetum haben, aus Fasern. Bei allen diesen Thieren hat sie aber das gemein, dass sie Interferenzfarben gibt und eine grosse Menge von Licht reflectirt. Wenn man die Fasern des Tapetum des Rindes bei schwacher Vergrösserung unter das Mikroskop legt, so sieht man sie darunter im auffallenden Lichte in schönen Farben, und, wenn man das auffallende Licht abblendet und durchfallendes Licht macht, so sieht man in diesem die complementären Farben, zum Beweise, dass man es hier mit Interferenzfarben, mit sogenannten Newton'schen Farben zu thun habe. Dieses Tapetum reflectirt also eine grosse Menge von Licht, und, wenn dieses Licht unregelmässig zerstreut auf die Netzhaut zurückkommen würde, so würde dadurch eine Verwirrung in den Eindrücken entstehen. Nun bilden aber die Stäbchen mit den zwischen ihnen liegenden Aussengliedern der Zapfen einen Apparat, vermöge dessen das Licht auf seinem Rückwege grösstentheils wieder durch das Nervenelement hindurchgehen muss, durch welches es hineingefallen ist. Das beruht auf der totalen Reflexion.

Denke ich mir (Fig. 21) eine Trennungsfläche $a\ b$ zwischen zwei Medien und errichte ich mir darauf eine Senkrechte $c\ d$ und denke mir, ich hätte einen einfallenden Strahl $f\ e$, so ist i der Einfallswinkel. Wenn ich annehme, dass das zweite Medium dünner ist als das erste, so müssen die Strahlen vom Einfallslothe abgebrochen werden. Der Brechungswinkel r ist also grösser als der Einfallswinkel i. Nach der Funda-

mentalgleichung der Dioptrik ist $\frac{\sin i}{\sin r} = c$, wobei c eine Constante vorstellt, welche man erhält, wenn man die Fortpflanzungsgeschwindigkeit im ersten Medium dividirt durch die Fortpflanzungsgeschwindigkeit im zweiten Medium. Da diese Constante in unserem Falle kleiner als 1 ist, so muss beim Wachsen von i der $\sin r$ schon gleich 1 werden, wenn $\sin i$ noch kleiner als 1 ist. Wächst dann i noch weiter, so erhalten wir durch unsere Gleichung für $\sin r$ einen Werth, der grösser ist als 1. Nun gibt es aber keinen Sinus, der grösser ist als 1, und unser Resultat hat keinen andern Sinn als den, dass hier kein gebrochener Strahl mehr existirt, sondern dass alle Strahlen reflectirt werden. Nimmt man ein leeres Reagirglas und taucht es ins Wasser, so erhält es einen metallischen Glanz. Das beruht darauf, dass eine sehr grosse Menge Lichtes wegen der schiefen Incidenz an der inneren Oberfläche, wo es in die Luft übergehen sollte, reflectirt wird, eine Menge, die ähnlich gross ist wie die, welche ein metallischer Körper reflectirt. Die stabförmigen Körper nun sind stark lichtbrechend und sind von einander getrennt durch eine schwächer brechende Zwischensubstanz. Diese trifft alles Licht, welches einmal in einen solchen Stab eingetreten ist, unter sehr schiefer Incidenz, es wird deshalb total reflectirt, es ist gewissermassen eingesperrt, und muss abgesehen von dem, was etwa nach dem Austritte am äussersten Ende zerstreut wird, auf demselben Wege zurück, auf dem es gekommen ist. Die Hauptmasse des zurückkommenden Lichtes geht also durch dasselbe Netzhautelement, das es schon auf dem Hinwege getroffen hat. Hieraus erklärt es sich, dass die Thiere mit einem Tapetum nicht nur nicht schlechter sehen als wir, sondern dass sie in der Dämmerung sogar viel besser sehen als wir. Beim Menschen kommt das Licht, das durch die Netzhaut hindurchgeht, grösstentheils nur einmal zur Wirkung. Bei diesen Thieren aber kommt eine viel grössere Menge Lichtes zurück. Dieses Licht, das zurückkehrt, verbrauchen sie ein zweites Mal, es muss also dieselbe Lichtmenge eine stärkere Erregung in ihrer Netzhaut hervorrufen, als dies bei Thieren der Fall ist, die kein Tapetum haben. Möglicherweise ist auch bei den Zapfen blos das Innenglied der eigentliche Angriffspunkt für das Licht, und das Aussenglied des Zapfens, das zwischen den Stäbchen steckt, ist vielleicht nur ein Theil des katoptrischen Apparates des Auges, der dazu dient, durch totale Reflexion die Strahlen wieder auf dasselbe Element zurückzubringen, durch welches sie eingefallen sind.

Fig. 21.



Zonula Zinnii.

Die Zonula Zinnii entsteht an der Ora serrata retinae, geht nach vorwärts, faltet sich wie eine Halskrause und setzt sich mit auf- und absteigenden Falten an die Linse an, und zwar, wenigstens grösstentheils.

an den vorderen Theil der Linse, indem die absteigenden Falten den grössten Kreis derselben wenig oder gar nicht überschreiten. In diese Falten sind, wie wir gesehen haben, die Ciliarfortsätze hineingesteckt, und da diese Falten sich andererseits wieder an die Linse befestigen, so ist dadurch eine Verbindung zwischen dem Ciliartheile der Chorioidea und der Linse gegeben.

Wenn man in die Zonula Zinnii, nachdem man die Ciliarfortsätze ausgerissen hat, eine kleine Oeffnung macht und von oben her mit einem Tubus Luft einbläst, so fängt sich die Luft unter den Falten der Zonula und schlägt dieselben nach aufwärts. Dadurch entsteht ein Kanal, der nach oben Buckel hat wie eine Halskrause. Diesen Raum, der so mit Luft gefüllt wird, beschrieb zuerst Petit und nannte ihn nach seinen Buckeln den Canal godronné. Heutzutage pflegt man ihn als den Canalis Petiti zu bezeichnen. Es muss aber bemerkt werden, dass dieser Raum in der Ausdehnung, wie man ihn hier darstellt, nicht im lebenden Auge vorhanden ist, sondern dass es erst möglich ist, ihm durch Lufteinblasen diese räumliche Ausdehnung zu geben, nachdem man die Ciliarfortsätze aus den Falten der Zonula ausgerissen hat. So lange diese darin stecken, existirt nur ein capillarer Raum zwischen den absteigenden Falten der Zonula und dem darunter liegenden Glaskörper.

Früher hat man die Zonula für eine continuirliche Membran gehalten, welche in der beschriebenen Weise in Falten gelegt sei. Aber schon im Frühjahre 1870 sind mir von Professor Vlacovitsch in Padua Präparate zugeschickt worden, an welchen man sehen konnte, dass Oeffnungen in der Zonula waren, und dass dieselbe aus Fasern bestand, welche zur Linse hingingen und sich, indem das Auge in Terpentinöl gehärtet worden war, in einzelne Stränge zusammengezogen hatten. Zu demselben Resultate ist auch Schwalbe gekommen, indem er fand, dass lösliches Berlinerblau, das er in die vordere Augenkammer einspritzte, in den Canalis Petiti eindrang. Nun fragt es sich: Wie ist es denn möglich, dass man doch die Zonula Zinnii als Ganzes aufblasen und dadurch den Canalis Petiti in der alten Weise darstellen kann, wenn sie kein Continuum ist, sondern aus einer Menge von radiären Fasern besteht? Man kann sich dies nur daraus erklären, dass die sehr feinen, radiären Fasern durch die anhaftende Flüssigkeit aneinander kleben und deshalb, so lange sie nass sind, ein Continuum bilden, wenn aber das Auge in Terpentinöl gehärtet ist, ihre Continuität verlieren und sich in einzelne Bündel strangförmig zusammenlegen. Die Zonula führt uns zur Linse.

Die Linse.

Wir finden dieselbe als einen Rotationskörper, dessen vordere Fläche wir uns entstanden denken können durch Rotation einer Ellipse um ihre kleine Axe, und deren hintere Partie wir uns entstanden denken können durch Umdrehung einer Parabel um ihre Axe, also als den Scheitelabschnitt eines Paraboloids. Die Linse im engeren Sinne des Wortes ist von einer häutigen Kapsel, der Linsenkapsel eingeschlossen. Diese ist eine Glashaut, wie die Descemet'sche Membran und ist wie diese structurlos. Die Dicke ihrer vorderen Hälfte beträgt 0,008

bis 0,019 Millimeter, die der hinteren nur 0,005 bis 0,012 Millimeter. Sie hat auf der vorderen Seite ein Epithel, welches, wie wir später sehen werden, in innigem Zusammenhange mit der Art und Weise steht, wie sich die eigentliche Linsensubstanz erzeugt. Die Linse im engeren Sinne des Wortes besteht aus sechskantigen Fasern, die so aufeinander gelagert sind, dass der kleine Durchmesser des sechseckigen Durchschnittes immer radial, also senkrecht auf die Schicht, gestellt ist, während der grösste Durchmesser des Sechsecks immer in tangentialer Ebene liegt. Die einzelnen Sechsecke sind dabei so aneinandergelagert, dass sie alternirend, wie Bausteine liegen. (Siehe Fig. 22.) Aus solchen Fasern ist nun die ganze Linse gewissermassen aufgewickelt. Die Art, wie dies geschieht, ist eine ziemlich complicirte. Man kann sich aber darin leicht eine Einsicht verschaffen, wenn man sich einen Kreis vorstellt, in dem vom Mittelpunkte aus drei Strahlen so ausgehen, dass sie miteinander Winkel von 120° einschliessen. Der Punkt, von dem die Strahlen ausgehen, soll dem vorderen Pole der Linse entsprechen, wir bezeichnen ihn mit 0, und von da aus schreiben wir auf jeden Strahl in gleichen Abständen von einander und vom Nullpunkte die Ziffern 1, 2, 3, 4, 5 auf. (Siehe Fig. 23.) Nun denkt man sich an der Rückseite der Linse einen Punkt, der dem hinteren Pole der Linse entspricht, von dem aus ebensolche drei Strahlen ausgehen, wie vom vorderen Pole, die aber mit den Strahlen an der vorderen Fläche in der Art alterniren, dass die Durchschnittspunkte des grössten Linsenkreises mit den Strahlen an der vorderen Fläche von den Durchschnittspunkten eben dieses Kreises mit den Strahlen an der hinteren Fläche immer um eine Bogenweite von 60° abstehen. Auf die Strahlen der hintern Fläche schreibt man nun ebenfalls die Zahlen 1, 2, 3, 4, 5 aber so, dass 1 am Rande und 5 am Pole der Linse steht, und dann verbindet man durch gedachte Faserzüge jede Zahl der vorderen Fläche mit der ihr zunächstliegenden gleichnamigen der hinteren Fläche. Dann erhält man die beistehende Figur die in ihrem Kreisfelde die geometrische Projection der Faserung der vorderen Fläche gibt, und deren drei Lappen nach rückwärts zusammengeklappt die Faserung der hinteren Fläche geben würden. So ist der Kern der menschlichen Linse angelegt, so die ganze Linse vieler Säugethiere. Beim Menschen wird der Bau der oberen Schichten complicirter, indem diese drei Axen sich zweimal verzweigen, so dass in der Regel 12 Endäste vorhanden sind, wie es Fig. 24 zeigt.

Fig. 22.

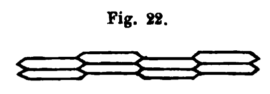
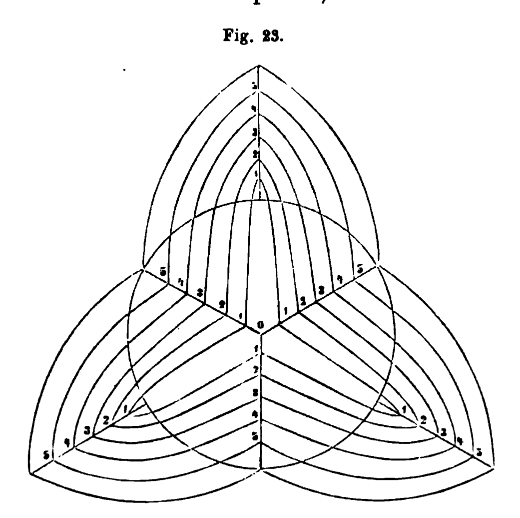


Fig. 23.



Am einfachsten sind die Linsen der Nagethiere: hier sind die drei Axen auf zwei reducirt, die zusammen eine gerade Linie bilden.

Denkt man sich die Linse durchschnitten, so bemerkt man, dass die Schichten sich, je mehr man nach innen kommt, der Kugelgestalt oder vielmehr der Gestalt eines mit seinem Halstheile nach hinten gewendeten Ballons nähern. Es stellt Fig. 25 einen solchen Durchschnitt nach einer von Sernoff gezeichneten und in Stricker's Handbuch der Geweblehre veröffentlichten Abbildung dar. Man bemerkt erstens, dass die vorderen und hinteren Oberflächen immer convexer werden, und zweitens, dass der Kern der Linse nicht in einer Ebene liegt, die man sich durch den grössten Kreis der Linse gelegt denkt, sondern hinter dieser Ebene, so dass die Oberfläche, welche man sich durch sämmtliche grösste Kreise der Linsenschichten gelegt denkt, nach hinten convex, nach vorn concav ist. Zugleich nimmt der Brechungsindex von aussen nach innen immer mehr zu. Die Substanz der Linse ist eben im Kerne am dichtesten, an der Oberfläche am wenigsten dicht. Daraus folgt, dass das Licht beim Eintritte in jede neue Schicht von Neuem gebrochen wird, so dass es also, da diese Schichten ausserordentlich dünn sind, nicht geradlinig hindurchgeht, wie durch eine Glaslinse, sondern einen krummlinigen Weg durch die Linse macht. Damit hängt es zusammen, dass die Linse eine viel kürzere Brennweite hat, als man ihr nach der Gestalt ihrer Oberflächen und nach ihrer mittleren Dichtigkeit zuschreiben sollte. Ja, sie hat sogar eine kürzere Brennweite, als sie haben würde, wenn sie homogen gebaut wäre und in ihrer ganzen Substanz den hohen Brechungsindex des Kernes hätte. Daher rührt es auch, dass die älteren Physiker, die sich mit der Berechnung der Brennweite des Auges beschäftigen, niemals zu einem brauchbaren Resultate gelangten, da sie immer herausbrachten, dass die Strahlen sich erst hinter der Netzhaut zu einem Bilde vereinigen könnten, während doch die Beurtheilung des Sehprocesses dazu führte, dass die Strahlen sich in der Netzhaut zu einem Bilde vereinigen müssen.

Fig. 24.

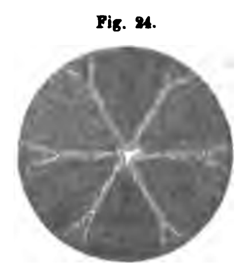
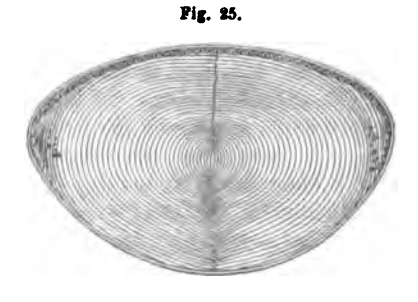


Fig. 25.



Der Glaskörper.

Der frische Glaskörper hat eine gallertartige Consistenz. Wenn man ihn aber zerschneidet und auf ein Filter legt, so tropft nach und nach alle Flüssigkeit ab, so dass nur ein ganz geringer Rest von fester Substanz übrig bleibt. Es fragt sich nun, da der Glaskörper offenbar ein Aggregat aus festen und flüssigen Theilen ist, wie die festen Theile darin angeordnet sind. Wenn man Augen sehr lange in Chromsäure liegen lässt, so werden im Glaskörper membranöse Schichten sichtbar. Bei den Haus-

säugethieren hat Hannover diese Schichten concentrisch gefunden, so dass sie sich nach Art der Schalen einer Zwiebel übereinanderlegen. Beim Menschen dagegen fand er membranöse Schichten, die radial gegen eine Linie gestellt waren, die man sich von vorn nach hinten im Glaskörper gezogen denkt. Die Membranen waren also hier in ähnlicher Weise, wie die Septa in einer Orange, gestellt. Es ist nun erstens nicht wahrscheinlich, dass ein so fundamentaler Unterschied zwischen den Säugethieren und dem Menschen vorhanden sein sollte, dass bei den einen nur zwiebelschalenförmige, bei den andern dagegen nur radial gestellte Septa vorhanden wären. Zweitens müsste, wenn nur eine Art von Häuten vorhanden wäre, beim Durchschneiden des Glaskörpers die ganze Flüssigkeit desselben sofort ausfliessen. Das ist aber nicht der Fall. Wenn man den Glaskörper in Stücke zerschneidet und diese einzeln hinlegt, so sieht man sehr langsam und allmälig die Flüssigkeit aus denselben aussickern, bis sie endlich nach längerer Zeit und ganz allmälig zusammensinken. Man wird hiedurch zu dem Schlusse geführt, dass beide Arten von Membranen, sowohl die tangential, als die radial gestellten, im Auge der Säugethiere und des Menschen vorhanden seien, dass aber bei den ersteren die concentrischen, bei den letzteren die radial gestellten stärker entwickelt und daher leichter sichtbar zu machen sind. In neuerer Zeit hat man den Glaskörper mit dem Schleimgewebe verglichen oder vielmehr man hat ihn unter dasselbe eingereiht. Das Prototyp des von Virchow aufgestellten Schleimgewebes ist die Wharton'sche Sulze im Nabelstrang, mit deren Bau der des Glaskörpers keine Aehnlichkeit hat.

Die äusserste der Häute des Glaskörpers unterscheidet man mit dem Namen der Tunica hyaloidea. Sie liegt in ganzer Ausdehnung der Membrana limitans Pacini an und verbindet sich an der Ora serrata retinae mit dem vordersten Theile derselben. Hier ist sie auch mit der Zonula verbunden, von der sie sich dann wieder trennt, indem sie die hintere Wand des Petit'schen Kanales bildet und sich dann mit der Rückwand der Linsenkapsel verbindet und die tellerförmige Grube auskleidet. Man kann die Sache so auffassen, dass aus dieser Verbindung der Hyaloidea mit der Membrana limitans Pacini die Zonula hervorgehe, die anfangs glatt ist und sich später in Falten legt.

Die Bindehaut.

Nach vorne wird der Bulbus von der Tunica conjunctiva bedeckt, welche wir in die Conjunctiva palpebrarum und in die Conjunctiva bulbi eintheilen. Man hat auch ein Bindehautblättchen der Cornea unterschieden, das heisst man hat sich vorgestellt, dass sich die Conjunctiva über die Hornhaut fortsetze. Wenn sich die Conjunctiva auf die Hornhaut fortsetzt, so müssen, da sie eine zusammengesetzte Membran ist, offenbar auch ihre einzelnen Theile sich auf die Hornhaut fortsetzen. Die Conjunctiva besteht aus einem bindegewebigen Stroma, aus einem bedeckenden, geschichteten Pflasterepithel, aus Gefässen und aus Nerven. Das geschichtete Pflasterepithel geht am Rande der Cornea in das Epithel der Hornhaut über und, wenn man Gefallen daran findet, so kann man letzteres als eine Fortsetzung des Epithels der Conjunctiva betrachten. Das bindegewebige Stroma der Conjunctiva geht nicht über die Hornhaut fort.

sondern endet am Rande der durchsichtigen Hornhaut, und wenn dasselbe durch aus den Blutgefässen ausgetretene Flüssigkeit geschwellt wird, bildet es einen wallartigen Rand um die durchsichtige Cornea herum. Die Blutgefässe der Conjunctiva gehen auch nicht über die Cornea hinüber. Wir haben allerdings gesehen, dass die Blutgefässe der Hornhaut aus denen der Conjunctiva stammen, dass sie sich aber nicht über die ganze Cornea verbreiten, sondern den Rand derselben nur um ein Geringes überschreiten. Endlich setzen sich die Nerven der Conjunctiva nicht auf die Hornhaut fort. Wir haben gesehen, dass die Nerven der Hornhaut gar nicht aus der Conjunctiva stammen, sondern dass sie von den Ciliarnerven aus der Tiefe kommen. Das Resultat von diesem Allen ist, dass sich die Conjunctiva nicht auf die Cornea fortsetzt, dass es kein Bindehautblättchen der Cornea und also auch keine Entzündung desselben gibt, wie sie die älteren Augenärzte annahmen.

Die Conjunctiva reiht sich in ihren Eigenschaften den Schleimhäuten an, und sie hat auch, wie andere Schleimhäute, Schleimdrüsen, die ihr Secret auf ihre Oberfläche ergiessen. Diese Schleimdrüsen sind die Krause'schen Drüsen. Sie wurden von dem älteren Krause zuerst beschrieben, liegen im Bindegewebe über dem Fornix conjunctivae und durchbohren die Conjunctiva selbst mit ihren Ausführungsgängen. Wenn man die Conjunctiva in der gewöhnlichen Weise präparirt, so dass man das hinter ihr liegende Bindegewebe wegnimmt, dann sucht man nach diesen Drüsen vergebens, weil man die Körper derselben mit abgetrennt hat. Man muss das ganze Bindegewebe über dem Fornix conjunctivae herausnehmen, um die Körper, nicht blos die durchbohrenden Ausführungsgänge dieser Drüsen zu erhalten.

Die vordere Fläche des Augapfels ist also von dreierlei Secreten befeuchtet. Erstens vom Secrete der Thränendrüse, zweitens von dem der Meibom'schen Drüsen, drittens vom Secrete der Krause'schen Drüsen. Das Secret der Thränendrüsen wird normaler Weise in geringer Menge abgesondert. Wenn aber die Nerven der Conjunctiva gereizt werden, tritt in Folge reflectorischer Erregung Secretion ein. Die Nerven der Thränendrüsen können reflectorisch erregt werden erstens von der Conjunctiva und zweitens von der Nasenschleimhaut aus. Ausserdem können sie aber auch central erregt werden durch Gemüthsaffecte, wo dann reichlicher und andauernder Thränenfluss zu Stande kommen kann. Bei solchem zeigt es sich, dass die Thränen, wo sie für sich allein und nicht gemengt mit den beiden andern Secreten auf die Conjunctiva einwirken, dieselbe reizen, indem sich Blutinjection und ein der Entzündung ähnlicher Zustand auf der Conjunctiva einstellt. Das Secret der Meibom'schen Drüsen ist eine Emulsion. Das Secret der Krause'schen Drüsen kennen wir nicht näher, es ist aber wahrscheinlich von dem der übrigen Schleimdrüsen nicht wesentlich verschieden.

Das Gemenge dieser drei Secrete wird durch den Thränenleitungsapparat aus dem Auge abgeleitet. Es gelangt zunächst durch die Thränenpunkte in die Thränenröhrchen, von diesen in den Thränensack, von diesem in den Thränenkanal und von da in die Nasen- und Rachenhöhle. Die Triebkraft für die Fortschaffung dieser Secrete wird auf zweierlei Weise aufgebracht. Erstens durch den Lidschlag, indem, wenn sich der Orbicularis palpebrarum zusammenzieht, ein Druck auf die Flüssigkeiten, die sich

im Conjunctivalsacke befinden, ausgeübt wird. Die Lidspalte wird geschlossen, und durch den Zug und Druck, welchen der am Ligamentum canthi interni befestigte Orbicularis palpebrarum an den Augenlidern ausübt, wird die Flüssigkeit gegen die Thränenpunkte hin und in die Thränenpunkte hineingetrieben. Das zweite mechanische Moment für die Ableitung der Thränen ist, abgesehen von der Schwere, durch welche sie nach unten abfliessen, die Inspiration. Wenn man einathmet, sinkt der Druck nicht nur in den Lungen, sondern auch in der Nasenhöhle unter den atmosphärischen, denn nur dadurch wird es möglich, dass die atmosphärische Luft in die Nasenhöhle eindringt. Es wird also hiedurch eine Tendenz der Thränenflüssigkeit nach abwärts erzeugt. Der Ueberdruck, der bei der Exspiration in der Nasenhöhle stattfindet, und vermöge dessen die Luft aus der Nasenhöhle in die Atmosphäre getrieben wird, scheint ganz oder grösstentheils durch Klappen aufgehoben zu sein. Man unterscheidet im Ganzen sieben Klappen oder klappenartig vorspringende Schleimhautfalten: Eine an der Mündung des Thränenkanals in die Nasenhöhle, welche als vorspringende Schleimhautfalte an der inneren Seite liegt und nach aussen und abwärts gerichtet ist; ferner eine an der Grenze zwischen Thränengang und Thränensack, eine an der Einmündung der Thränenröhrchen in den Thränensack, zwei am Grunde der Ampullen, der trichterförmigen Erweiterungen der Thränenröhrchen, und zwei an den Eingängen, an den Thränenpunkten.

Das Sehen und die Farben.

Was nennen wir sehen? Sehen nennen wir das Zumbewusstseinkommen der Erregungszustände unseres N. opticus. Ja, wir können im Allgemeinen sagen: das Bewusstwerden der Zustände des N. opticus: denn wir sehen ja auch die Dunkelheit, wir empfinden, dass es dunkel ist, weil wir in der Dunkelheit unsern N. opticus im Zustande der Ruhe empfinden. Ein Wesen, das keinen Sehnerven hätte, und dem auch die Theile des Centralorgans fehlten, durch welche uns die Gesichtsempfindungen zum Bewusstsein kommen, würde auch die Dunkelheit nicht empfinden, so wenig, wie wir urtheilen, dass es hinter uns dunkel sei, weil wir nach rückwärts keine Augen haben.

Alle Erregungszustände des N. opticus kommen uns als Lichtempfindungen zum Bewusstsein, auch die durch mechanische oder electrische Reize erzeugten ebenso wie die, welche das Licht hervorruft.

Wenn man im äusseren Augenwinkel einen Druck auf die Sclera ausübt, so sieht man vor der Nasenwurzel eine helle Scheibe. Macht man den Druck etwas stärker, so bekommt die Scheibe in der Mitte einen dunklen Fleck, breitet sich aber mehr aus, so dass sie ein heller Ring mit verwaschenen Rändern wird. Die Lichterscheinung ist die Wirkung des mechanischen Reizes, den man auf die Netzhaut ausübt. Wenn man im Dunkeln die Augen rasch hin und her wirft, so sieht man Lichtblitze. Diese sind nichts Anderes als die Folgen der Zerrung des N. opticus. Hustet man im Dunkeln, so sieht man Lichtblitze vor den Augen. Diese sind nichts Anderes, als Folgen der Reizung, welche durch die plötzliche Stauung beim Husten im N. opticus hervorgerufen wird. Auch auf elec-

trischem Wege kann man die Netzhaut und den Sehnerven zur Lichtempfindung reizen. Es ist dies vielfältig geschehen, und man sieht dann sowohl beim Oeffnen, als beim Schliessen des Stromes, aber auch während des Stromes, Lichtfiguren, die am genauesten von Purkinje studirt worden sind, der sie folgendermassen beschreibt: „Brachte ich den Leiter des Kupferpols in den Mund und berührte mit dem Leiter des Zinkpols den Augapfel, so erschien in dem früher finsteren Gesichtsfelde an der mir sonst wohlbekannten Eintrittsstelle des Sehnerven eine hellviolette lichte Scheibe; im Axenpunkte des Auges war ein rautenförmiger dunkler Fleck, mit einem rautenförmigen gelblichen Lichtbande umgeben, darauf folgte ein gleiches finsteres Intervall und auch ein etwas schwächer leuchtendes gelbliches Rautenband; die äusserste Peripherie des Gesichtsfeldes aber deckte ein schwacher, lichtvioletter Schein, der, wie man das Auge rollte, abwechselnd an einzelnen Stellen heller wurde. Hob ich die Berührung auf, so kehrten sich die Farben um. Wechselte ich die Pole, brachte ich den Kupferpol ins Auge und den Zinkpol in den Mund, so kehrten sich die Farben, sowie auch die Licht- und Schattenpartien um. Am Eintrittsorte des Sehnerven war ein finsterer, kreisrunder Fleck, mit einem hellvioletten Scheine umgeben, der als ein hellviolettes Rautenband gegen die Mitte des Gesichtsfeldes auf- und niederstieg und sich mit zwei convergirenden Schenkeln auf der entgegengesetzten Seite schloss; diesem nach innen war ein finsteres Intervall und im Axenpunkte des Sehfeldes eine glänzende, hellviolette Rautenfläche. Diese Figur, sowie auch die vorige erscheint jedesmal am lebhaftesten beim Eintritte der Berührung, ist während ihrer Andauer, wenn die Leitung nicht auf irgend eine Weise unterbrochen wird, nur schwer zu bemerken, und erscheint auf einen Augenblick mit entgegengesetzten Licht- und Farbstellen bei der Trennung wieder. Die Intensität bei Anwendung des Kupferpoles, also bei aufsteigendem Strome, ist ungleich grösser als die beim Zinkpole. Das Lichtviolett ist in dieser Erscheinung gesättigt und den Grund vollkommen deckend, das gelbliche Licht hingegen erscheint selbst bei den stärksten Entladungen nur wie der Ueberzug eines schwachen Firnisses, wie wenn eine gelbe Saftfarbe auf schwarzen Grund aufgetragen würde."

Die Erregung kann auch von den Centraltheilen ausgehen und ihre Ursache dann nach dem Gesetze der excentrischen Erscheinungen nach aussen versetzt werden. So entstehen die Traumbilder und so entstehen die phantastischen Gesichtserscheinungen, die am häufigsten am Abend vor dem Einschlafen auftreten. Man hat bei ihnen das entschiedene Gefühl des Sehens, das sich wesentlich unterscheidet vom blossen Vorstellen. Oft ist dies Gefühl so mächtig, dass die Erscheinung für eine reelle, eine objective gehalten wird. Dies ist die Regel bei Irren und bei Fieberkranken, die von solchen Hallucinationen befallen werden. Aber auch bei Menschen, die übrigens gesunden Geistes und bei vollem Bewusstsein sind, können Phantasmen zu wirklichen Täuschungen Veranlassung geben. Joh. Müller hat über diese phantastischen Gesichtserscheinungen ein lehrreiches und geistvolles Buch geschrieben, in dem solche Beispiele verzeichnet sind.

Der gewöhnlichste äussere Reiz ist das Licht. Das Licht wirkt entweder als weisses Licht auf das Auge ein, oder als gefärbtes. Das gewöhnliche Sonnenlicht ist aus einer ganzen Reihe von Farben zusammen-

gesetzt, die, wenn sie alle miteinander auf die Netzhaut wirken, den Eindruck von Weiss erzeugen. Wenn aber nur eine dieser Farben auf die Netzhaut einwirkt, so entsteht ein farbiger Eindruck, welcher je nach der Wellenlänge des Lichtes verschieden ist. Die grösste Wellenlänge der sichtbaren Strahlen macht den Eindruck von Roth, dann kommt Orange, dann bei weiter abnehmender Wellenlänge gelb. Der Eindruck von Gelb tritt ein, da wo sich die Frauenhofer'schen Linien *D* befinden, die Natronlinien, die jetzt durch die spectroskopischen Untersuchungen so allgemein bekannt geworden sind. Dann kommen Gelbgrün, Grün, Blaugrün und bei *F* Blau. Dieses Blau bei *F* ist sogenanntes Türkisenblau, das heisst ein Blau, welches dem Grün noch einigermassen nahe steht. Man bezeichnet es auch als Cyanblau, weil es durch Berlinerblau, also durch Eisencyanidcyanür oder Ferrocyaneisen dargestellt wird. Schreitet man weiter fort gegen *G* hin, so ändert das Blau seinen Ton und nimmt die Farbe des Ultramarin und Indigo an, und weiterhin geht es über in Violett, als dessen Hauptlinie die Frauenhofer'sche Linie *H* bezeichnet werden muss. Jenseits *H* nimmt die Lichtintensität allmälig ab, und es kommen dann bei *J*, *M*, *N*, *O*, *P* die sogenannten ultravioletten, schwach sichtbaren Strahlen, die früher als lavendelgraue Strahlen bezeichnet wurden, die aber, wenn sie rein und frei von diffusem Lichte dargestellt werden, wenigstens auf die meisten Menschen den Eindruck von Violett zu machen scheinen.

Wir können die Farben in einen Kreis anordnen und zwar so, dass je zwei einander gegenüberstehende miteinander, wenn sie gemischt werden, Weiss bilden. Gewöhnlich ordnet man die Farben so an, dass Roth und Grün, Blau und Orange, Gelb und Violett einander gegenüberstehen. Es muss aber bemerkt werden, dass das Grün, welches dem spectralen Roth complementär ist, nicht das gewöhnliche Grasgrün ist, sondern ein Blaugrün. Dem eigentlichen Grasgrün ist eine Farbe complementär, welche im Spectrum gar nicht vorkommt, nämlich Purpur, eine Farbe, welche wir uns entstanden denken können dadurch, dass wir das Spectrum zusammenbiegen und das rothe und violette Ende desselben übereinanderfallen lassen. Man kann sich dieses Purpur künstlich aus zwei Spectren mischen. Wenn man mittelst eines Doppelspathprismas zwei sich theilweise deckende Spectra erzeugt, so dass das violette Ende des einen über das rothe des andern zu liegen kommt, dann erhält man als Mischfarbe Purpur. Auch dem Orange ist nicht alles Blau complementär, sondern nur das Blau, welches wir mit dem Namen Türkisenblau bezeichnet haben. Dagegen ist dasjenige Blau, welches wir als Ultramarin bezeichnet haben, dem eigentlichen Gelb complementär, dem Gelb von der Linie *D*, das repräsentirt wird durch das Chromgelb, das doppelt chromsaure Bleioxyd. Das Complement des Violett ist ein Gelbgrün, das wir mit dem Namen des Citronengelb zu bezeichnen pflegen, weil es die Farbe einer noch nicht ganz reifen Citrone hat. Wenn wir in correcter Weise die verschiedenen Complemente nebeneinander schreiben wollen, so haben wir: Roth und Blaugrün, Orange und Türkisenblau, Gelb und Ultramarin, Gelbgrün und Violett, Grün und Purpur, dann wieder Blaugrün und Roth und so fort.

Diese einzelnen Farben des Farbenkreises können nicht nur durch monochromatisches Licht hervorgebracht werden. Wie der Eindruck de-

Purpur immer durch gemischtes Licht erzeugt wird, so können auch die übrigen Farben durch gemischtes Licht hervorgerufen werden. Ja, man braucht nur eine Farbe aus dem Spectrum wegzunehmen, so geben alle übrigen zusammen das Complement zu dieser Farbe. Daher rührt eben der Name Complementfarben, weil sie Farben sind, die entstehen, wenn man weisses Licht in irgend welche zwei Theile theilt, so dass der eine Theil die Ergänzung zum andern gibt.

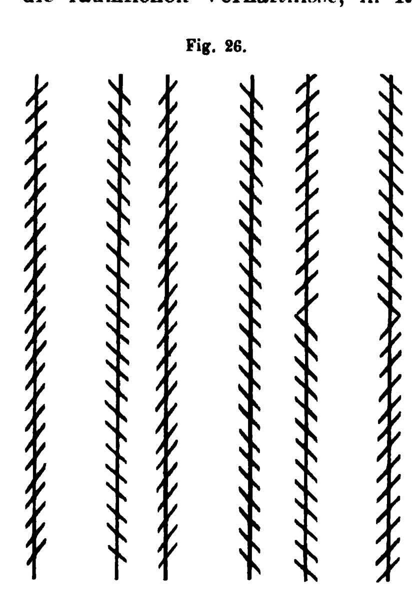
Die Complementfarben haben nun sehr interessante Eigenschaften. Sie haben die Eigenschaft, dass, wenn sie nebeneinandergesetzt werden, sie ihren Eindruck erhöhen, so dass sie also die glänzendsten Farbenzusammenstellungen geben, z. B. Gelb und Blau, Grün und Purpur u. s. w. Sie haben aber auch die Eigenschaft, dass, wenn dem Auge nur eine Farbe dargeboten wird, diese auf subjectivem Wege ihr Complement, die zweite Farbe, hervorruft. Chevreuil erzählt, dass zu ihm Händler mit gemusterten Stoffen kamen und sich über die Fabrikanten beklagten: sie hätten ihnen Stoffe hingegeben, damit sie schwarze Muster daraufdruckten, sie hätten ihnen aber auf einen rothen Stoff ein grünes und auf einen blauen Stoff ein gelbliches Muster aufgedruckt. Chevreuil erkannte sofort, dass dies auf einer Täuschung beruhe. Er pauste daher das Muster durch, schnitt es à jour in Papier aus und bedeckte dann mit dem Papier den farbigen Grund, so dass nur das Muster allein zu sehen war, und da zeigte es sich sofort, dass die Druckfarbe schwarz gewesen, und dass der Schein des Farbigen nur durch den farbigen Grund hervorgerufen worden war. Die Farben, die auf diese Weise subjectiv hervorgerufen werden, bezeichnet man mit dem Namen der Farben durch simultanen Contrast.

Es gibt eine Reihe verschiedener Versuche, durch welche man diese Farben zur Anschauung bringen kann. Am besten gelingt dies durch die Spiegelversuche, wie sie zuerst Fechner und Dove in grösserer Auswahl angegeben haben. Eine Form, in der sich ein solcher Spiegelversuch sehr gut anstellen lässt, ist von Ragona Scina beschrieben. Sie besteht darin, dass man zwei Papierblätter, deren jedes einen schwarzen Ring trägt, rechtwinklich gegeneinander aufstellt und nun eine grüne Glastafel diagonal zwischen diese beiden Papiere so stellt, dass man das eine Papier durch dieselbe dioptrisch, das andere katoptrisch sieht. Dann fällt in das Auge grünes Licht, das wir dioptrisch, und weisses Licht, das wir katoptrisch sehen, das gespiegelt wird. An der Stelle, wo sich der schwarze Ring befindet, fällt im dioptrisch gesehenen Papiere der Eindruck des Grünen aus, im katoptrisch gesehenen, an der entsprechenden Stelle der Eindruck des Weissen. Da wo der Eindruck des Weissen wegfällt, haben wir ein stärkeres Grün, als im Grunde; der gespiegelte Ring erscheint daher grün. Der andere Ring aber erscheint durch Wirkung des Contrastes roth. Wenn man die Tafel bewegt, bleibt der rothe Ring stehen, während der grüne sich bewegt: der rothe wird also dioptrisch gesehen, der grüne gehört dem Spiegelbilde an. Diese ganze Erscheinung rührt von einer Verschiebung unseres Urtheils her. Wir haben grünes Licht mit weissem gemischt, welches in unser Auge hineinfällt. Dadurch wird unsere Vorstellung vom Weiss, vom neutralen Grau verschoben, so dass wir jetzt etwas, was grau gefärbt ist, für complementär gefärbt halten, für roth. Wir würden ein schwaches Grün jetzt, wo wir unter dem Eindrucke der Masse grünen Lichtes stehen,

eben nicht mehr für Grün, sondern für Weiss halten. Dass wirklich diese Art der Verschiebung unseres Urtheils wesentlich in Betracht kommt, das sieht man an folgendem Versuch, der von Helmholtz angegeben ist. Man nimmt ein graues Papier und klebt es auf einen purpurrothen Grund. Dann erscheint das graue Papier schon einigermassen grün. Dass es wirklich nicht grün ist, davon kann man sich leicht überzeugen, wenn man das Roth rund herum zudeckt, die Täuschung schwindet dann völlig. Die Täuschung wird aber ungleich grösser, sobald man über das rothe Papier ein anderes durchscheinendes weisses hinüberlegt, einfach deswegen, weil man hier nun einen anscheinend weissen Grund hat, der aber thatsächlich nicht weiss ist, indem das rothe Papier durch das weisse hindurch wirkt. Das Weiss des oberen Blattes täuscht uns über die wahre Farbe des Grundes. In derselben Weise erklären sich die farbigen Schatten. Wir beleuchten ein Papier gleichzeitig mit Tages- und mit Kerzenlicht und stützen einen Bleistift darauf. Er wirft zwei Schatten, der eine ist blau, der andere ist gelb. Blau ist der, der dem Kerzenlichte angehört, denn hier fehlt das Gelb, der andere ist durch den Contrast gelb, weil das Papier, das auch vom Tageslichte beleuchtet ist, weniger gelb ist.

Dergleichen Verschiebungen unseres Urtheils existiren nun nicht blos in Rücksicht auf die Farben, sondern sie kommen in derselben Weise in Rücksicht auf hell und dunkel vor, indem uns ein dunkler Gegenstand neben einem hellen besonders dunkel, und ein heller neben einem dunklen besonders hell erscheint. Sie existiren auch in Rücksicht auf die räumlichen Verhältnisse, in Rücksicht auf Bewegungen. Wenn man eine Zeit lang aus einem Fenster auf eine belebte Strasse hinabgesehen hat, in der sich zahlreiche Wagen nach einer Richtung hin bewegen, und diesen mit dem Auge gefolgt ist, und blickt das Strassenpflaster an, so scheint es, dass dasselbe sich in entgegengesetzter Richtung bewege. Wenn man längere Zeit auf einen Wasserfall sieht und plötzlich auf die danebenstehenden Felsen blickt, so scheinen sie aufzusteigen. Es ist gewissermassen, als ob die Geschwindigkeit des fallenden Wassers in einer späteren Periode nicht mehr denselben Eindruck machte, wie im ersten Augenblick, so dass, wenn im ersten Augenblick die Geschwindigkeit V wäre, sie später eine kleinere Grösse wäre, $V—k$: wenn wir daher auf einen ruhenden Gegenstand sehen, scheint uns dieser mit der Geschwindigkeit k aufzusteigen. Sitzt man in einer Eisenbahn in einem Hintercoupé und entfernt sich von einem Gebirge, und der Wagen hält plötzlich an, so scheint es als ob das Gebirge näher heranrücke u. s. w.

Fig. 26.



Ja, selbst auf die Beurtheilung von gerade und schief, von parallel und nicht parallel, hat eine solche Verschiebung unseres Urtheils einen wesentlichen Einfluss, wie man dies an der beistehenden von Zöllner angegebenen Figur sieht. Die senkrechten schwarzen Striche sind parallel, und doch erscheinen sie geneigt, weil uns die schief auf sie gerichteten Striche beirren.

Kehren wir zu unseren Farben zurück, so ist es klar, dass, während je zwei und zwei Farben des Farbenkreises miteinander Weiss geben, diejenigen, die nicht miteinander complementär sind, nicht Weiss, sondern irgend eine andere Farbe geben müssen, und diese Farben sind die Mischfarben, welche im Farbenkreise zwischen den complementären Farben eingeschlossen sind. So gibt Roth mit Gelb Orange, Gelb mit Blau gibt Grün, das heisst mit demjenigen Blau, welches ihm nicht complementär ist, mit dem Türkisenblau oder Cyanblau. Blau und Roth geben miteinander Violett, Roth und Violett Purpur.

Die Wirkungen des Contrastes machen sich nun auch zwischen zwei Nachbarfarben geltend, indem jede Farbe, neben ihre Nachbarfarbe gestellt, in derselben ihre eigene Farbe ertödtet und ihre complementäre Farbe hervorruft. So erscheint z. B. Orange, wenn es neben Roth gestellt wird, gelb, Gelb neben Orange lässt das Orange mehr roth erscheinen u. s. w.

Als Helmholtz zuerst zeigte, dass Gelb und Ultramarinblau mit einander Weiss geben, erregte dies allgemeines Erstaunen. Namentlich alle Maler waren fest überzeugt und sind es zum Theil noch heute, dass Gelb und Blau nicht miteinander Weiss geben können, weil sie täglich aus Gelb und Blau Grün mischen. Die Mischung aber, welche dort vorgenommen wird, ist eine andere als diejenige, welche auf der Netzhaut stattfindet. Das Licht, das von gemischten Pigmenten zurückkommt, hat sich durch Subtraction gemischt, das Licht aber, das sich auf der Netzhaut mischt, mischt sich durch Addition. Wenn der Maler aus Gelb und Blau Grün mischt, so mischt er gelbe und blaue Körnchen durcheinander. Das Licht, indem es durch die gelben Körnchen hindurchgeht, verliert die am stärksten brechbaren Strahlen, und, indem es durch die blauen Körnchen hindurchgeht, verliert es die am schwächsten brechbaren Strahlen; die mittleren, die grünen Strahlen bleiben übrig. Darum ist das Resultat dieser Mischung grün. — Auf der Netzhaut aber geschieht die Mischung durch Addition, indem auf derselben Stelle der Eindruck Blau und zugleich auch der Eindruck Gelb erfolgt. Aber auch abgesehen hievon, auch bei Versuchen, welche auf Mischung durch Addition beruhen, ferner bei Versuchen über subjective Farben, über Contrastfarben, hatten die früheren Beobachter meist als complementäre Farbe für Gelb nicht Blau, sondern Violett gefunden. Es war allgemein die Meinung verbreitet, die wahre Complementfarbe zu Gelb sei Violett und man war deshalb befremdet, als Helmholtz durch directe Mischung der Spectralfarben nachweisen konnte, dass Gelb und Blau miteinander Weiss geben.

Diese Differenz der Ansichten hängt mit der verschiedenen Sättigung der Farben zusammen. Wenn ich mein Auge durch monochromatisches Gelb erregen lasse, so wirken auf dasselbe nur Strahlen von einer Wellenlänge. Ich kann aber auch das Gelb dadurch erzeugen, dass ich von dem

Ultramarinblau eine Portion aus dem Spectrum herausnehme; dann gibt das übrige Licht zusammen den Eindruck Gelb. Aber diese beiden Gelb unterscheiden sich wesentlich von einander. Das eine Gelb ist ein gesättigtes Gelb, nämlich das monochromatische, das andere ist nicht gesättigtes Gelb, es ist gemischtes Licht, indem nur die gelben Strahlen vorherrschen, nachdem blaue herausgenommen worden sind. Ich kann also dieses gelbe Licht, das ich durch Wegnehmen von Blau aus dem Spectrum erhalte, als bestehend ansehen aus weissem Lichte, dem gelbes hinzugefügt ist. So kann ich alle Farben als bestehend ansehen aus irgend einer bestimmten Farbe des Farbenkreises und aus Weiss, beziehungsweise Grau, das in grösserer oder geringerer Menge hinzugemischt ist. Je grösser die Menge des neutralen Lichtes, des Weiss oder Grau, ist, das ich hinzugefügt habe, desto weniger ist die Farbe gesättigt. Sie ist am gesättigtsten, wenn die Menge dieser Beimischung Null ist, wenn ich es mit einer monochromatischen Farbe zu thun habe, oder, da monochromatisches Purpur nicht existirt, mit einem Purpur, das blos gemischt ist aus reinem Roth und reinem Violett.

Nun haben wir bis jetzt das Tageslicht als weisses Licht angesehen. Wir halten dasselbe für Weiss, weil es das dominirende Licht ist, und finden das Kerzenlicht neben ihm gelb. Es lässt sich aber nachweisen, dass das gewöhnliche Tageslicht nicht weiss ist, sondern roth, und darauf beruhen die verschiedenen Resultate, die man bei Beurtheilung der complementären Farben erhalten hat. Man wird bemerken, dass niemals ein Streit darüber gewesen ist, was das Complement von Roth sei. Man wusste immer, dass das Complement von Roth Grün ist. Ueber das Complement von Blau aber, beziehungsweise über das des Gelb hat man hin und her geschwankt.

Denken Sie sich, ich habe eine Tafel, die mit schwefelsaurem Baryt angestrichen ist und daher vollkommen weiss erscheint. Ich lege auf dieselbe ein Blättchen Papier, das mit Ultramarin gefärbt ist, und lasse dieses blaue Papier auf weissem Grunde in einem Glase spiegeln, das selbst durch die Dicke angesehen keine Farbe hat. Ich neige den Spiegel und richte ihn wieder auf. Ich sehe, dass das Bild mehr oder weniger Sättigung bekommt je nach der Neigung des Spiegels. Man sieht ja durch das Glas auf den weissen Grund, es mischt sich also das dioptrisch gesehene weisse Licht mit dem katoptrisch gesehenen blauen, und jetzt wird man bemerken, dass das Bild, indem es heller wird, indem seine Farbe weniger gesättigt wird, nun nicht mehr in derselben Schattirung bleibt, sondern gegen Violett hin ausweicht, dass es einen Stich zum Violett bekommt. Das Licht also, das mir weiss erschien, wenn ich es an und für sich betrachtete, das hat sich, zu einer bestimmten Farbe gemischt, als roth erwiesen, denn es hat als Mischfarbe Violett gegeben. Denselben Versuch kann man mit Chromgelb anstellen. Legt man dieses auf die weisse Tafel und lässt man es spiegeln, so ist das Spiegelbild blassorange, wenigstens mehr Orange als das Chromgelb selbst: das anscheinende Weiss erweist sich hier bei der Mischung wieder als röthlich. Wenn ich durch ein blaues Cobaltglas hindurchsehe, so dass ich damit die Hälfte der Pupille bedecke, so erscheint der Grenzstreifen, der durch den Rand des Cobaltglases gegeben is, violett, weil sich hier

eine Zone auf der Retina bildet, wo sich weisses Tageslicht mit dem blauen Lichte mischt, das durch das Cobaltglas zur Netzhaut gelangt.

Alle diese Versuche zeigen deutlich, dass das Tageslicht nicht, wie man früher geglaubt hat, weiss ist, sondern dass es roth ist. Wir empfinden das nicht, weil wir das dominirende Licht immer für Weiss halten, geradeso, wie wir auch Gas- oder Kerzenlicht, wenn wir hinreichend lange kein anderes gesehen haben, für weiss halten. In unserem Laboratorium sind vor einer Reihe von Jahren von Dr. Memorsky Untersuchungen gemacht worden über die Farbe der verschiedenen Beleuchtungen. Da hat es sich gezeigt, dass Kienspähne, Kerzen, Leuchtgas, Oel und Petroleum sämmtlich Licht von gelborauger Farbe geben. Am meisten gefärbt ist das Licht des Kienspahns, dann folgen Talgkerzen und Oellampen, dann Stearinkerzen, Leuchtgas und Petroleum. Das Magnesiumlicht, das man für weiss gehalten hat, ist blassviolett, und das einzige Licht, das Memorsky weiss fand, war das Licht der Kohlenspitzen, das electrische Licht. Auch hier war es nur das gute Glück, welches uns Kohlen in die Hände gegeben hatte, die weisses Licht gaben. Ich habe seitdem mehrfach electrisches Kohlenspitzenlicht gesehen, das entschieden röthlich war.

Aus der farbigen Beschaffenheit des Tageslichtes erklärt sich das verschiedene Urtheil über die Contrast- und die Complementärfarben. Helmholtz machte aus reinem Gelb und aus reinem Ultramarinblau Weiss. Nun haben wir aber gesehen, dass, wenn wir dieses Ultramarinblau mit Weiss auf der Netzhaut mischen, wir dann nicht Ultramarinblau, sondern einen violetten Ton erhalten. Wenn wir also zu dem Gelb eine nicht gesättigte Complementärfarbe aufsuchen wollen, so kann diese nicht mehr Ultramarin sein, sondern sie ist Violett, wie dies auch bei früheren Versuchen mit Pigmenten und beim Aufsuchen der Contrastfarbe auf weissem oder grauem Grunde gefunden wurde. Die gesättigte Complementfarbe zum Blau ist Chromgelb. Wir haben aber gesehen, dass, wenn wir das Licht, das von Chromgelb zurück kommt, mit weissem Lichte mischen, wir dann eine Farbe erhalten, die sich dem Orange nähert. Wenn ich also zum Blau eine nicht gesättigte complementäre Farbe suche, so ist diese nicht mehr Gelb, sondern in der That ein blasses Orange, wie es auch ältere Beobachter gefunden haben.

Mit der rothen Färbung des Tageslichtes und mit dem diffusen Lichte, das durch die Sclera in unser Auge einfällt, hängt es zusammen, dass unsere Retina unterempfindlich ist für rothes Licht, das heisst, dass die Retina für rothes Licht weniger empfindlich ist, als für Licht von kürzerer Wellenlänge. Dass das Licht, welches durch unsere Sclera eindringt, roth sein muss, ergibt sich erstens schon daraus, dass es durch ein System von trüben Medien hindurchgegangen ist, und dadurch also vorwiegend die kurzwelligen Strahlen verloren hat, und zweitens daraus, dass es durch zahlreiche Blutgefässe hindurchgegangen ist und hier der Absorption des Blutfarbstoffes unterworfen wurde. Es gibt aber auch einen Versuch dafür, der zuerst in etwas anderer Form und ohne genügende Erklärung von Dr. Smith in Fochabers beschrieben wurde. Er besteht in Folgendem: Man stellt sich so, dass man mit der Seite des Gesichtes nach dem Fenster gewendet ist, oder dass man neben sich zur Seite eine Kerze oder eine Lampe hat, und sieht eine weisse Fläche an. Nun

schliesst man abwechselnd das eine und das andere Auge, dann verfärbt sich diese weisse Fläche und zwar in der Weise, dass, wenn man die weisse Fläche mit dem Auge, welches an der Lichtseite ist, ansieht, dieselbe grün erscheint, während sie dem Auge, das an der Schattenseite ist, roth erscheint. Der Grund ist folgender: von der Lichtseite fällt eine Menge Licht durch die Sclerotica ein, dieses wirkt auf die Retina des Auges an der Lichtseite und macht sie noch mehr unterempfindlich gegen Roth, als sie schon für gewöhnlich ist. Es erscheint ihr deshalb weisses Licht als Grün. Schliesse ich dieses Auge und sehe ich mit dem andern die weisse Fläche an, so erscheint sie durch den Contrast roth.

Von der Unterempfindlichkeit für langwellige Strahlen rührt es auch her, dass bei stärkerer Beleuchtung eine Landschaft einen mehr rothgelben Ton hat. Es ist dies die sonnige, die goldige Beleuchtung, während an einem trüben Tage die Landschaft vielmehr einen graublauen Ton hat. Fechner hat gezeigt, dass, wenn die objective Helligkeit, die Beleuchtung, in geometrischer Progression zunimmt, die Verstärkung der subjectiven Empfindung, der subjectiven Helligkeit, nur in arithmetischer Progression fortschreitet. Er hat ferner gezeigt, dass für jeden Reiz, der auf Nerven, also auch auf den Sehnerven ausgeübt wird, eine sogenannte Reizschwelle existirt, das heisst eine gewisse Höhe, die der Reiz erreichen und welche er überschreiten muss, um überhaupt eine Wirkung zu erzielen. Denken Sie sich, dass die Reizschwelle für Roth am höchsten liege und von da gegen Blau hin immer niedriger werde, und dass nach und nach die Helligkeit immer zunehme, so muss anfangs die Wirkung des Roth bei geringer Helligkeit relativ gering sein, weil man sich noch wenig von der Reizschwelle des Roth entfernt hat, während man sich bei den übrigen Farben schon weiter von der Reizschwelle entfernt hat, da ihre Reizschwelle niedriger ist. Je weiter aber die Helligkeit steigt, um so mehr wird dieser Unterschied in den Hintergrund treten, und um so mehr werden also auch die langwelligen Strahlen, die rothen und gelben zur Geltung kommen. Mit dieser Ungleichheit in der Lage der Reizschwelle für das Roth und das Blau hängt es zusammen, dass man, wie Dove bemerkt, die Helligkeit der Farben anders beurtheilt, je nachdem sie stark oder schwach beleuchtet sind. Wenn ich Jemanden bei heller Tagesbeleuchtung aus einer Reihe von Papieren ein rothes und ein blaues aussuchen lasse, die ihm und Anderen gleich hell erscheinen, und lasse diese selben Papiere in der Dämmerung oder sonst bei schwacher Beleuchtung, aber im neutralen Lichte, untersuchen; so finden Alle, dass das blaue Papier heller sei als das rothe, weil man nun oben mit dem Roth näher der Reizschwelle steht, und deshalb der Eindruck des Roth nicht nur absolut, sondern auch relativ schwächer ist, als er bei heller Tagesbeleuchtung war.

Die Unterempfindlichkeit des Auges für langwellige Strahlen ist in neuester Zeit auch von Dobrowolsky direct erwiesen an der zunehmenden Feinheit, mit der wir kleine Unterschiede von Hell und Dunkel wahrnehmen, wenn wir die Beleuchtung in der Weise wechseln lassen, dass wir von rother Beleuchtung zu gelber u. s. f. zu blauer fortschreiten.

Da wir uns, wie wir oben gesehen haben, alle Farben vorstellen können als gemischt aus einer bestimmten Farbe des Farbenkreises und

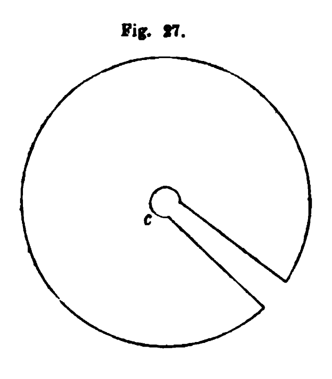
aus Weiss beziehungsweise Grau, so müssen wir auch die Farben in ein System bringen können. Man hat diesem Systeme viele verschiedene Formen gegeben, und in der That kommt auf die Form wenig an. Anfangs hatte man die Farben in einen Kreis anzuordnen gesucht. Es hatte sich aber da gezeigt, dass man wohl die verschiedenen Grade der Sättigung auftragen könne, dass man aber nicht die verschiedenen Grade der Helligkeit und Dunkelheit erhalte. Nimmt man eine Kugel und trägt auf diese nicht nur die Farben auf, sondern denkt sich auch das Innere dieser Kugel mit Farben erfüllt, dann kann man in der That alle Pigmentfarben in ein System bringen. Im Aequator der Kugel sind die reinen Pigmente aufgetragen. An dem einen Pole gehen sie in Schwarz über, an dem andern gehen sie in Weiss über. Man hat also an der Oberfläche der Kugel alle Farben in ihren Uebergängen zum Weiss und Schwarz. In der Axe dieser Kugel muss man sich aber eine Linie denken vom Weiss zum Schwarz, die Linie des neutralen Grau. Im Innern der Kugel wären dann alle Mischfarben des neutralen Grau, die verschiedenen Arten von Braun, Grau u. s. w. zu finden.

Nach demselben Principe hat man die Farben auf und in einer Pyramide und auf und in einem Kugeloctanten vertheilt. Auf letzterem stand das Weiss in der Mitte des sphärischen Dreieckes, die reinen Farben an den Seiten und Ecken desselben und das Schwarz am Kugelcentrum.

Zeitlicher Verlauf der Netzhauterregung.

Der Erregungszustand im Sehnerven überdauert jedesmal den Act der Erregung. Die Wirkung überdauert die Ursache. Wenn deshalb mehrere Eindrücke rasch aufeinanderfolgen, so kann es geschehen, dass die späteren eintreffen, ehe die Wirkung der ersten aufgehört hat, so dass also ein continuirlicher Eindruck aus einer intermittirenden Reizung entsteht. Darauf beruht es, dass man einen feurigen Kreis sieht, wenn man eine glühende Kohle im Dunkeln im Kreise herumschwingt. Bringt man auf eine Scheibe zwei Farben und dreht sie sehr schnell, so fallen hier auch die Reize über einander und man erhält die Mischfarbe. Auf diese Weise kann man zeigen, dass die verschiedenen Farben miteinander Weiss geben, man kann zeigen, wie Mischfarben entstehen u. s. w. Eine solche Einrichtung ist der Farbenkreisel.

Fig. 27.



Bei Versuchen mit dem Farbenkreisel ist es natürlich von Wichtigkeit, dass die Farben in gewissen Verhältnissen miteinander gemischt werden, da eine gewisse Menge Roth nur eine gewisse Menge Grün compensirt, und eine gewisse Menge Blau nur eine gewisse Menge Gelb compensirt. Je zwei Complementärfarben können also auch auf dem Farbenkreisel nur dann Weiss geben, wenn sie in einem bestimmten Verhältnisse auf demselben vertheilt sind. Da hat nun Maxwell eine Art von Scheiben angegeben, vermöge welcher

man auf dem Wege des Experimentirens diese Verhältnisse finden kann. Er schneidet nämlich die Papiere aus in Form der vorstehenden Figur 27, in der *c* das Loch für die Axe des Kreisels ist. Sie können dann in einander gesteckt und durch Drehung beliebig verschoben werden, so dass die eine Papierscheibe die andere mehr oder weniger deckt. Man dreht nun, nachdem die Papiere in einer bestimmten Lage befestigt sind, in solcher Richtung, dass die freien Lappen der Scheiben durch den Luftwiderstand nicht gehoben, sondern herabgedrückt werden.

Beim Suchen des neutralen Weiss oder Grau (wirkliches Weiss kann, weil dazu nicht die hinreichende Menge von Licht vorhanden ist, hier nicht erzielt werden) verkleinert man nun die Farbe, welche sich als im Ueberschuss vorhanden erweist, so lange, bis das Grau nicht mehr rothgrau, oder grüngrau, gelbgrau oder blaugrau ist, sondern mit dem aus weiss und schwarz gemischten Grau übereinstimmt. Es muss also, wenn wir Ultramarin und Gelb mischen, in dem Blau eine solche Menge blauen Lichtes enthalten sein, dass sie gerade durch das von dem gelben Felde reflectirte gelbe compensirt wird. Die Mengen Weiss, die dabei in jeder von beiden enthalten ist, sind an und für sich ganz gleichgültig.

Es führt uns dies auf eine neue Eigenschaft der Farben, auf ihre Intensität. Die Helligkeit der Farbe hängt ab von der Menge des Lichtes, das sie überhaupt zurückstrahlt. Die Intensität der Farbe hängt aber ab von der Menge des Lichtes ihrer eigenen, ihrer specifischen Farbe, welche sie zurückstrahlt. Die Sättigung drückt das Verhältniss aus zwischen diesem specifischen Lichte und dem weissen Lichte, mit dem es gemischt ist, so dass die Sättigung ein Maximum ist, wenn die Menge des Weiss Null ist, während umgekehrt die Sättigung ein Minimum ist, das heisst die Farbe entweder Weiss oder Grau ist, wenn gar keine specifische Farbe vorhanden ist. Mittels eines solchen Maxwell'schen Farbenkreisels kann man auch wiederum beweisen, dass die Farbe des gewöhnlichen Tageslichtes nicht weiss, sondern röthlich ist, ja man kann sogar zeigen, dass nicht unbeträchtliche Mengen von rothem Lichte in demselben überschüssig sind. Man nimmt ein ultramarinblaues Papier und ein weisses und lässt diese miteinander rotiren, so bekommt man eine lichte Mischfarbe. Diese fällt aus der Schattirung, sie geht zum Violett, ein Zeichen, dass das gewöhnliche Tageslicht nicht weiss, sondern röthlich ist. Um dieses Roth zu compensiren schaltet man einen grünen Sector ein, und man sieht, dass man je nach der Helligkeit der Farbe einen mehr oder weniger breiten grünen Sector einschalten muss, um das überschüssige Roth des Tageslichtes zu compensiren und auf diesem Wege die helle Schattirung zum Ultramarinblau zu erhalten.

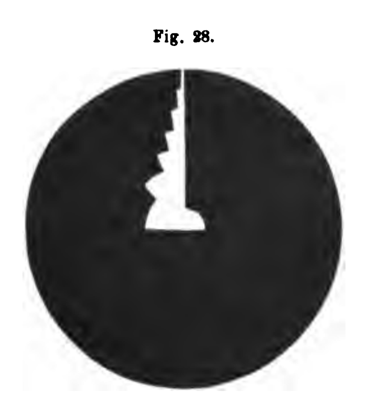
Von dem Verharren des Lichteindruckes im Auge ist noch eine Reihe von anderweitigen Anwendungen gemacht worden, von denen wir hier einige besprechen müssen. Zunächst kann man dadurch den Weg eines sich sehr schnell bewegenden Körpers beobachten. Den Weg einer schwingenden Basssaite kann man an und für sich nicht deutlich wahrnehmen. Wenn man aber auf derselben einen kleinen, glänzenden Metallknopf, z. B. einen Stecknadelkopf anbringt und die Basssaite anreisst und sie so betrachtet, dass sie sich perspectivisch verkürzt; so sieht man an diesem Metallknopf den Weg, den die Basssaite beim Schwingen beschreibt. In ähnlicher Weise kann man durch Anbringen von Lichtreflexen auf schwin-

genden Stäben, den Weg, den sie beschreiben, beobachten. In neuerer Zeit hat namentlich Helmholtz dies benützt, um mittelst Stimmgabeln die Zusammensetzung von Schwingungen zu studiren. Er hat zu diesem Zwecke ein eigenes Instrument, das Vibrationsmikroskop, angegeben und in seinem Werke über Tonempfindungen beschrieben. Man sieht hier durch eine Lupe, die durch eine schwingende Stimmgabel vertical auf- und abbewegt wird, auf ein beleuchtetes Stärkekörnchen, das von einer anderen Stimmgabel horizontal hin- und her bewegt wird. In neuester Zeit hat Marey die Dauer des Lichteindruckes benützt, um den Weg zu sehen, welchen die Flügel der Insecten beschreiben. Er hat einer Brummfliege auf den vorderen Rand des Flügels gegen das Ende hin ein kleines Stückchen Blattgold aufgeklebt. Wenn nun das Thier mit seinen Flügeln schlägt, so sieht man an dem Lichtreflexe den Weg, welchen der Flügel in der Luft beschreibt. Wenn die Bewegung in der Weise periodisch ist, dass jeder Punkt des sich bewegenden Körpers nach bestimmten, gleichen Zeiten immer wieder an denselben Ort zurückkehrt, so kann man nicht nur den Weg, sondern die Bewegung selbst für das Auge darstellen. Denken Sie sich, es hätte ein Körper die Schwingungsdauer t und er würde mir immer wieder sichtbar in Intervallen von der Dauer nt, worin n irgend eine ganze Zahl bedeuten soll, so würde ich ihn jedes Mal an demselben Punkte sehen, und da diese Eindrücke sehr rasch aufeinander folgen sollen, so würde ich diesen Körper im Zustande der Ruhe sehen. Nun denken Sie sich aber, der Körper würde mir nicht sichtbar nach Intervallen von der Dauer nt, sondern nach Intervallen von der Dauer $nt + k$, worin k eine verhältnissmässig kleine Grösse, einen geringen Bruchtheil von t bezeichnen soll, so würde ich ihn nun nicht mehr an demselben Orte sehen, sondern ich würde ihn an einer andern Stelle sehen, bis zu der er in der Zeit k vorgerückt ist. Das nächste Mal werde ich ihn wieder etwas weiter vorgerückt sehen, und da diese Eindrücke sehr rasch auf einander folgen sollen, so wird in meinem Auge ein continuirlicher Eindruck entstehen in der Weise, als ob sich der Körper in seiner natürlichen Schwingungsrichtung fortbewegte. Wenn ich mir denke, ich bekäme ihn wiederum zu Gesichte in Intervallen von $nt - k$, so würde ich ihn auch seinen natürlichen Weg machen sehen, aber rückwärts. Dieses Princip ist zuerst von Savart angewendet worden, um die periodischen Bewegungen in einem Wasserstrahle zu beobachten. Es ist dann später in seinen Methoden und Anwendungen von Doppler entwickelt. In neuerer Zeit hat auch Toepler über dasselbe gearbeitet. Das Sichtbarmachen und das Verschwinden des sich bewegenden Körpers kann wesentlich in zweierlei Weise hervorgebracht werden; erstens dadurch, dass man den Körper in der Periode $nt + k$ momentan beleuchtet, oder dadurch, dass man den Körper periodisch verdeckt und ihn in Perioden von $nt + k$ frei werden lässt.

Andererseits kann man auch periodische Bewegungen bildlich darstellen. Dazu dienen die sogenannten stroboskopischen Scheiben, die unabhängig von einander von Purkinje, von Plateau und von Stampfer erfunden worden sind. Sie beruhen darauf, dass ein in periodischer Bewegung begriffener Körper in bestimmten Lagen gezeichnet und in diesen Bildern dem Auge schnell nacheinander dargeboten wird. Man lässt so immer Bilder der veränderten Lage aufeinander folgen, bis endlich die

periodische Bewegung alle ihre Phasen durchgemacht hat. So stellt man kreisförmige, geradlinige und elliptische Schwingungen, so stehende und fortschreitende Wellen, Maschinentheile in Bewegung, ein sich contrahirendes Herz u. s. w. dar. Es kann dies auf zweierlei Weise erzielt werden. Entweder dadurch, dass man zwei Scheiben hintereinander auf einer Axe befestigt, wovon die vordere Spalten hat und die hintere die Abbilder trägt, so dass man dann während der Umdrehung durch die Spalten auf die Abbilder sieht. Das ist die Purkinje'sche Construction, das sogenannte Kinesoskop. Oder dadurch, dass die beiden Scheiben miteinander vereinigt sind, das heisst, dass eine und dieselbe Scheibe die Abbilder trägt und zwischen ihnen und der Peripherie die Spalten, durch welche man nun während der Umdrehung die Bilder in Spiegel ansieht. Das ist die Construction von Plateau und von Stampfer. Man kann endlich auch eine Erscheinung des localen Contrastes auf der Netzhaut sehr gut darstellen durch das Princip der Persistenz der Erregungszustände. Man trägt auf einer schwarzen Scheibe weisse Sectoren auf. Die Winkelwerthe der weissen Sectoren nehmen gegen die Peripherie hin immer mehr ab und zwar mit jedem neuen Ringe um die Hälfte. (Fig. 28.) Wenn man diese Scheibe in Drehung versetzt, so entsteht ein System von grauen Ringen. Diese werden immer dunkler gegen die Peripherie hin. Das ist begreiflich, weil die Menge des dem Schwarz beigemengten Weiss gegen die Peripherie hin immer geringer wird. Zugleich bemerkt man aber, dass jeder Ring da am dunkelsten ist, wo er an den nächsten helleren anstösst, und da am hellsten, wo er an den nächsten dunkleren anstösst, so dass das Princip des Contrastes nicht nur platzgreift im Centralorgane überhaupt, sondern auch in den einzelnen Partien des Sehfeldes. Mach hat diese Scheibe, während sie rotirte, photographirt, und noch an der Photographie konnte man unterscheiden, dass die Ringe immer dunkler erschienen, da wo sie an einen helleren angrenzen, und da heller, wo sie an einen dunkleren angrenzen. Wenn man Krystallmodelle oder andere von ebenen Flächen begrenzte Körper, die aus Gyps gegossen oder weiss angestrichen sind, beobachtet, wird man auch bemerken, dass die gleichmässig beleuchteten Flächen da heller erscheinen, wo sie an schwächer beleuchtete angrenzen, und da dunkler, wo sie an stärker beleuchtete angrenzen.

Fig. 28.



Daraus, dass die Ringe, die jene Scheibe bei der Drehung gibt, immer im Allgemeinen mit der Abnahme der Breite des Sectors dunkler werden, geht schon hervor, dass ein Lichteindruck eine gewisse Zeit braucht, um zu seiner vollen Wirkung zu gelangen: denn, wenn er auch in der kleinsten Zeit seine volle Wirkung ausüben könnte, so müssten ja alle diese Ringe gleichmässig weiss sein. Sigmund Exner hat nun mit einem Apparate, der von Helmholtz angegeben ist, und der von ihm mit dem Namen des Tachistoskops bezeichnet wurde, den zeitlichen Verlauf der Erregung untersucht und gefunden, dass die Zeit, welche ein

Lichteindruck braucht, um zu seiner vollen Wirkung zu gelangen, sehr verschieden ist, je nach der objectiven Helligkeit, und zwar zeigt es sich hier, dass, wenn die objective Helligkeit in geometrischer Progression zunimmt, die Zeiten, die zur Erreichung der vollen Wirkung nöthig sind, in arithmetischer Progression abnehmen. Wenn man deshalb sagt, dass etwa der fünfte Theil einer Secunde dazu nöthig sei, dass ein Lichteindruck seine volle Wirkung ausübe, so gilt das nur von einem Lichteindrucke von mittlerer Stärke, wie ihn etwa ein von gewöhnlichem diffusem Tageslichte beleuchtetes Blatt Papier hervorbringen kann. Stärkere Lichtintensitäten brauchen beträchtlich kürzere Zeit, während andererseits geringere Lichtintensitäten längere Zeit zur Entwickelung ihrer vollen Wirkung brauchen.

Wir haben ferner gesehen, dass es für die Erregung eine gewisse Reizschwelle gibt, das heisst eine gewisse Intensität, welche ein objectives Licht haben muss, um wirklich eine Erregung hervorzurufen. Da nun hier die Wirkungen sich zeitlich allmälig entwickeln, so ist es von vorneherein klar, dass es auch zeitlich eine gewisse Reizschwelle geben wird, dass ein Licht von einer gewissen Intensität immer eine gewisse Zeit eingewirkt haben muss, ehe man es überhaupt bemerkt. Auch diese Zeit ist von Exner mit dem früher erwähnten Apparate untersucht worden, und es hat sich auch hier ergeben, dass, wenn die objective Lichtintensität im geometrischen Verhältnisse zunimmt, die für die Wahrnehmung nöthigen Zeiten in arithmetischer Progression abnehmen.

Nachbilder.

Wenn ein Lichteindruck eine Zeit lang gedauert hat, so verschwindet er wieder. Es fragt sich nun, kommt dann die Netzhaut sofort in Ruhe, oder setzt sich etwas an seine Stelle? Das ist verschieden, je nach der Stärke des Lichteindruckes, der hervorgebracht worden ist. Diese hängt wiederum ab von der Stärke des objectiven Lichtes und von der Zeit, während welcher das objective Licht eingewirkt hat. Nach stärkeren Reizen erfolgen Nachbilder, die vielfach von Purkinje, Plateau und Fechner studirt worden sind. Man theilt sie ein in gleichgefärbte und in complementär gefärbte, also in solche, die dieselbe Farbe haben, wie das Object, und in solche, die die entgegengesetzte, die complementäre Farbe haben. Man theilt sie ferner ein in positive und in negative, wobei man diesen Bezeichnungen denselben Sinn unterlegt, wie er in der Photographie gebräuchlich ist. Man nennt nämlich positiv dasjenige Nachbild, in welchem das hell ist, was im Objecte hell ist, und negativ nennt man dasjenige Nachbild, in welchem das dunkel ist, was im Objecte hell ist.

Das erste Nachbild, das zur Erscheinung kommt, ist das positive complementär gefärbte Nachbild, das von Purkinje entdeckt worden ist. Purkinje beschrieb, dass, wenn er eine glühende Kohle langsam herumschwang, er hinter derselben einen rothen Streifen gesehen; das war die directe Verlängerung des Lichteindruckes. Dann sei ein kurzes dunkles Intervall gekommen und hierauf ein grünes Bogenstück, ein grünes Nachbild, das sich weniger im Raume ausbreitete als der rothe Streifen, der vom verlängerten directen Lichteindrucke herrührte. Dieses

Grün setzt sich hell auf dunklem Grunde ab. Einige sehen dieses Nach-
bild etwas anders. Exner beschreibt es so, dass das dunkle Interva
fehlt, und das Roth durch eine Art von Grau in das Grün des positiv
complementär gefärbten Nachbildes übergeht. Man kann dieses positiv
complementär gefärbte Nachbild auch sehen, wenn man längere Zeit
in eine Kerzenflamme durch ein farbiges z. B. rothes Glas hineinstarrt
Wenn man dann plötzlich, ohne den Augapfel mit den Augenlidern
zu drücken, die Augen schliesst, sieht man eine grüne Flamme, i
der das hell ist, was in der Flamme selbst hell ist, und das dunkel
was in der Flamme selbst dunkel ist, also ein positives complementär
gefärbtes Nachbild.

Die positiven gleich gefärbten Nachbilder muss man ansehen a
hervorgegangen aus der Wiederkehr des Erregungszustandes, welchen da
ursprüngliche Licht hervorgebracht hat, die negativen Nachbilder aber
die immer complementär gefärbt sind, sind Abstumpfungsbilder, das hei
sie rühren daher, dass das einwirkende Licht eine Partie unserer Netzhau
unterempfindlich gemacht hat für objectives Licht, und dass deshalb, wer
wir zum Beispiele rothes Licht gesehen haben, der Eindruck von Ro
fehlt, wenn gemischtes Licht auf dieselbe Stelle fällt, und deshalb an dies
Stelle der Eindruck von Grün entsteht, welches dunkler ist als der Grund
Es ist über die Richtigkeit dieser Erklärung gestritten worden, we
dieses negative complementär gefärbte Nachbild auch bei geschlossene
Augen, ja selbst wenn man die Augen mit beiden Händen bedeckt,
gesehen wird. Fechner hat aber darauf aufmerksam gemacht, dass die
damit zusammenhängt, dass wir unsern Sehnerven niemals im Zustande
der völligen Ruhe empfinden, dass wir auch, wenn wir die Augen mi
den Händen bedecken, nicht ganz schwarzes Sehfeld haben, sondern
gewöhnlich ein Sehfeld, das uns etwas gelblich, wie mit feinem Gold-
staub durchstreut erscheint, und dass in diesem subjectiven Lichte auch
die Farbe fehlt, die die Erregung hervorgebracht hat, und deshalb ein
Nachbild in complementärer Farbe und dunkler als der übrige Grund
erscheint. Die Richtigkeit seiner Erklärung bestätigt sich dadurch, dass,
wenn man die Hände etwas lüftet und Licht durch die Augenlider hin-
einfallen lässt, diese Bilder nicht verschwinden, sondern sich deutlicher
auf dem nun helleren Grunde absetzen. Bei starken monochromatischen
Lichteindrücken, z. B. wenn man durch ein rothes Glas in die Sonne
sieht, folgen sich die Nachbilder gewöhnlich in folgender Weise. Erst
das positive gleichgefärbte Nachbild, dann ein negatives complementär
gefärbtes Nachbild, dann taucht wieder, wenn ein hinreichend starker
Eindruck gemacht ist, ein positives gleichgefärbtes Nachbild auf, dann
wechseln negatives complementär gefärbtes und positives gleichgefärbtes
Nachbild mehrmals mit einander ab, um so häufiger, je stärker der Ein-
druck gewesen ist, und endlich steht das negative complementär gefärbte
Nachbild noch eine Weile, und die Retina kommt dann wieder zur Ruhe.
Wenn der Eindruck nicht von monochromatischem Lichte gemacht wurde,
sondern von weissem, gemischtem Lichte, hat man keineswegs immer
weisse oder schwarze Nachbilder, sondern bei stärkeren Lichteindrücken
hat man farbige Nachbilder, bei denen eine Farbe die andere ver-
drängt. Das beruht darauf, dass die Nachbilder der verschiedenen Farben
zeitlich auseinanderfallen, und deshalb auch nicht miteinander Weiss

geben können, sondern verschiedene Farben nacheinander zum Vorschein kommen. Man hat dies mit dem Namen des Abklingens des Nachbildes durch verschiedene Farben bezeichnet. Es ist dabei merkwürdig, dass, wenn man ein positives Nachbild von einer bestimmten Farbe bei geschlossenen und bedeckten Augen hat, und man das Auge öffnet und auf einen hellen Grund sieht, auf dem hellen Grunde das negative complementär gefärbte Nachbild auftritt. Das Auge ist also objectiv unterempfindlich gegen die Farbe, die es eben subjectiv empfunden. Wenn nun kein Nachbild mehr vorhanden ist, so ist doch nach den Lichteindrücken das Auge nicht ganz in seinem Normalzustande, in ähnlicher Weise, wie wir gesehen haben, dass ein Nerv, durch den ein Strom hindurchgegangen ist, noch nicht ganz in seinem Normalzustande ist, wenn auch kein Oeffnungstetanus mehr vorhanden ist. Dies zeigt sich an einer Verstimmung der Retina, in welcher die Farben anders wahrgenommen werden als sonst, und das gibt Veranlassung zu einer neuen Art von Contrastwirkungen. Durch den dauernden Eindruck einer Farbe ist die Retina unterempfindlich geworden gegen dieselbe Farbe und man sieht daher die complementäre Farbe subjectiv verstärkt. Wenn wir eine Zeit lang auf einen rothen Gegenstand gesehen haben, und sehen von demselben weg auf einen grauen Gegenstand, so erscheint uns dieser grünlich, und umgekehrt, wenn längere Zeit hindurch grünes Licht auf unser Auge eingewirkt, so erscheint uns ein anderer Gegenstand, auf den wir sehen, röthlich u. s. w.

Thomas Young's Theorie.

Es handelt sich nun darum, wie sollen wir uns alle diese Farbenerscheinungen erklären, wie sollen wir uns überhaupt eine Vorstellung davon machen, dass es möglich sei, dass wir so viele Arten von Farben unterscheiden? Unterscheiden wir sie, weil in ein und derselben Art von Nerven durch sie verschiedene Erregungszustände hervorgerufen werden, oder unterscheiden wir sie dadurch, dass wir verschiedene Arten von Nervenfasern im N. opticus haben, die jede, sie mögen von was immer für Licht erregt werden, wenn sie einmal erregt, uns immer eine bestimmte Farbenempfindung verursachen? Wenn ich sage, verschiedene Arten von Nervenfasern, so meine ich hier, wie anderswo, nicht dass die Nervenfasern als solche verschieden sein müssen, sondern nur, dass sie mit verschiedenartigen Centralgebilden, Nervenzellen des Centralorgans, verbunden sind, und dass uns qualitativ verschiedene Empfindungen erwachsen, je nachdem die eine oder die andere Art von Centralgebilden erregt wird. Die erstere Vorstellung, die, dass die verschiedenen Farben je nach ihrer Wellenlänge verschiedene Erregungszustände im N. opticus hervorriefen, war bis vor verhältnissmässig kurzer Zeit die herrschende. Aber Thomas Young hatte schon im Anfange dieses Jahrhunderts eingesehen, dass man mit dieser Art der Erklärung nicht auskommen könne, und er stellte deshalb eine andere Theorie auf, die ganz in Vergessenheit gerathen war, bis Helmholtz sie von Neuem auseinandergesetzt und mit neuen Beweismitteln gestützt hat. Die Young-Helmholtz'sche Theorie von der Perception der Farben sagt aus, dass sich im Sehnerven dreierlei Arten von Nervenfasern befinden, von

denen die einen, wenn sie erregt werden, uns die Empfindung Roth verursachen, die andern die Empfindung Grün und die dritten die Empfindung Violett hervorrufen. Alle drei Arten von Nervenfasern können zwar erregt werden durch alle Strahlen, die uns überhaupt leuchtend erscheinen, aber diejenigen, welche uns die Empfindung Roth verursachen, werden am stärksten von den langwelligen Strahlen erregt, die Nervenfasern, welche uns die Empfindung Violett verursachen, werden am stärksten durch die kurzwelligen Strahlen des Spectrums erregt, und diejenigen Nervenfasern, welche uns die Empfindung Grün verursachen, werden am stärksten erregt durch die Strahlen von einer mittleren Wellenlänge, durch die Strahlen, die dem spectralen Grün an Wellenlänge entsprechen. Fällt nun auf unser Auge monochromatisch rothes Licht, so wird dies alle Nervenfasern erregen, aber die rothempfindenden am stärksten, wir werden also Roth sehen. Fällt grünes Licht in unser Auge, so wird es alle Arten von Nervenfasern erregen, aber die grünempfindenden am stärksten, wir werden also Grün sehen. Wenn violettes monochromatisches Licht in unser Auge fällt, wird es alle Arten von Nervenfasern erregen, aber die violettempfindenden am stärksten, wir werden also Violett sehen. Wenn monochromatisch gelbes Licht in unser Auge fällt, so wird es sowohl die rothempfindenden, als auch die grünempfindenden Fasern relativ stark erregen, und dadurch wird für uns ein gemischter Eindruck entstehen, den wir Gelb nennen. Ist die Wellenlänge grösser, wird das Roth vorherrschend, und wir werden Orange sehen. Ist die Wellenlänge etwas geringer, so wird die Erregung der grünempfindenden Fasern vorherrschend, und wir werden Gelbgrün sehen. Wirkt monochromatisch blaues Licht auf unsere Netzhaut, so werden sowohl die grün- als die violettempfindenden Fasern erregt, dadurch wird ein gemischter Eindruck entstehen, welchen wir Blau nennen. Ist die Wellenlänge der Strahlen etwas grösser, so wird der Eindruck zum Grün hinziehen, indem die grünempfindenden Fasern stärker erregt werden. Wird dagegen die Wellenlänge kürzer, wird er mehr zu Indigo und Ultramarin ziehen, weil nun die violettempfindenden Fasern stärker erregt werden.

Da jede Art von Licht nach dieser Theorie alle drei Arten von Nerven erregt, so sind nach ihr auch die reinen Spectralfarben nicht absolut gesättigt und in der That hat Helmholtz gezeigt, dass man ihre Sättigung dadurch noch erhöhen kann, dass man das Auge vorher gegen die Complementärfarbe abstumpft.

Wir haben gesehen, dass ganz ähnliche Eindrücke, wie sie die einzelnen Spectralfarben hervorbringen, auch hervorgebracht werden können durch gemischte Farben. Dass z. B. Roth und Grün, welches wir auf dem Farbenkreisel miteinander mischen, Gelb geben, dass Grün und Violett miteinander Blau hervorbringen können u. s. w. An der Erklärung dieser Erscheinung ist man früher, ehe die Young'sche Theorie wieder in Aufnahme kam, immer gescheitert. Man hat sie erklären wollen aus der Wellentheorie nach dem Principe der Interferenz. Aber man ist hiebei niemals zu Resultaten gelangt, die mit der Wirklichkeit übereinstimmen, und es lässt sich auch leicht zeigen, dass überhaupt nach dem Principe der Interferenz diese Erscheinungen nicht erklärt werden können. Denn erstens kommt es nicht nur darauf an, welche Farben wir miteinander

mischen, sondern auch darauf, in welcher Menge wir dieselben miteinander mischen. Ich kann aus einem bestimmten Roth und einem bestimmten Grün alle dazwischen liegenden Arten Gelb mischen, einfach dadurch, dass ich einmal mehr die Intensität des Grün und das andere Mal mehr die Intensität des Roth wachsen lasse: zweitens aber, und das ist ein absolutes Hinderniss für jede Erklärung aus der Undulations-Theorie, ich kann die Farben für mein Gesicht in der Weise mischen, dass die eine Farbe nur in das eine Auge und die andere Farbe nur in das andere Auge hineinkommt. Wenn ich dem einen Auge Roth und dem andern Blau darbiete und fixire einen bestimmten Punkt, so sehe ich, wie wir später noch näher kennen lernen werden, Violett. Hiemit ist jede Art von physikalischer Erklärung solcher Farbenmischung ausgeschlossen. Die Young'sche physiologische Theorie gibt aber eine sehr einfache Erklärung. Sie sagt nämlich: Wenn gemischtes oder monochromatisch rothes Licht auf meine Augen wirkt, so erregt es alle Fasern, aber die rothempfindenden am stärksten und wenn grünes Licht, gemischtes oder monochromatisches, auf meine Augen einwirkt, so erregt es alle Fasern, aber die grünempfindenden am stärksten. Beide gleichzeitig geben also einen gemischten Eindruck, der Gelb ist, weil er analog ist demjenigen Eindrucke, den das gelbe Licht hervorbrachte, das auch alle Fasern erregte, aber die roth- und grünempfindenden Fasern stärker als die violettempfindenden. Mit dieser Erklärung ergibt sich auch sehr leicht, warum man alle Nuancen zwischen Grün und Roth hervorbringen kann, je nachdem man die Intensität der einen oder der andern Strahlen steigert. Man bringt nämlich durch Steigern der Intensität des rothen Lichtes dasselbe hervor, was man bei Versuchen mit monochromatischem Lichte dadurch hervorbringt, dass man von Gelb weiter gegen Roth hin geht. Wenn ich aber bei gemischtem Lichte die Intensität des Grün steigere, wird die Erregung der grünempfindenden Fasern grösser, ich bringe also dasselbe hervor, als wenn ich mich bei Versuchen mit monochromatischem Lichte gegen die Seite des Grün hin begebe.

Es kann noch darüber discutirt werden, welche die Grundfarben seien, da es ja möglich sein würde, auch aus anderen Farben, als aus Roth, Grün, Violett, die übrigen zu mischen. Man hat in früherer Zeit Roth, Gelb und Blau allgemein als die Grundfarben aufgestellt. Dies rührte daher, dass man aus Pigmenten zwar Grün und Violett aber nicht Gelb und Blau mischen konnte. Aber das ist hier durchaus nicht massgebend, weil bei den Pigmenten, wie wir früher gesehen haben, durch Subtraction gemischt wird, und auf der Netzhaut, in unserer Empfindung, durch Addition, durch gleichzeitige Erregung mehrerer Arten von Nervenfasern. Die neueren Untersuchungen haben einhellig zu dem Resultate geführt, dass Roth und Grün zwei der Grundfarben seien, über das Violett ist man noch nicht vollständig einig. Während Thomas Young und Helmholtz das eigentliche Violett für die dritte Farbe halten, sind Maxwell und Exner der Meinung, dass es nicht das eigentliche Violett sei, sondern die als Indigo bezeichnete Zone, die zwischen dem eigentlichen Violett und dem Blau liegt. Exner sagt: Die Grundfarben erregen zwar alle Fasern, aber immer eine am stärksten. Da aber andererseits die gemischten Farben immer zwei Arten von Nervenfasern stärker erregen, so muss man die gemischten Farben mehr als die Grundfarben verändert finden,

[illegible] man das Auge gegen eine Art von Licht abstumpft [illegible] [illegible] Spectralfarbe ansieht. *Diejenigen* Farben [illegible] untersucht am unveränderlichsten zeigen, das müssen die [illegible] Er ist auf diese Weise zu dem Resultate gekommen [illegible] und Grün zwei der Grundfarben seien: er fand aber, dass [illegible] [illegible] als jene Zone des Indigo. Wenn er sein Auge [illegible] [illegible] so erschien ihm spectrales Violett mehr [illegible] [illegible] durch intensives blaues Licht abstumpfte [illegible] [illegible] auffällig röther als im gewöhnlichen Zustande.

Farbenblindheit.

[illegible] Theorie erklärt auch die Farbenblindheit [illegible] [illegible] befriedigenderen Weise, als wir sie früher hatten [illegible] [illegible] Individuen, welche Farben fast gar nicht [illegible] [illegible] und selten. Es existirt aber eine grosse Anzahl [illegible] [illegible] zwar die Farben unterscheiden, welche aber beim [illegible] [illegible] Farbe ganz auffällige Missgriffe machen und sich [illegible] [illegible] über den Namen, welcher einer Farbe zu geben [illegible] [illegible] Die erste Art, die Farben überhaupt nur sehr [illegible] [illegible] ist, wie gesagt, sehr selten. Ein derartiger berühmter [illegible] [illegible] englischen Optiker, der sagte, er sehe im Sonnenspectrum [illegible] [illegible] er sehe wohl das Ende, welches die Leute violett nennen [illegible] [illegible] als das andere Ende, aber bestimmte Farben könne er [illegible] nicht unterscheiden. Es ist kaum möglich, eine [illegible] [illegible] der Farbenempfindung aus einer blossen Stumpfheit [illegible] [illegible] verschiedene Sinneseindrücke abzuleiten, auf welche man z. B. [illegible] Grade von Mangel an musikalischem Gehör zurückführen [illegible] [illegible] in einem solchen Falle, wenn man der Young'schen Theorie [illegible] annehmen, dass zwei Arten von Nervenfasern im Auge gelähmt [illegible] wenigstens im hohen Grade unterempfindlich waren, und nur eine [illegible] normale Empfindlichkeit hatte, und dass deshalb, weil nur eine [illegible] vorhanden war, überhaupt von keinem Unterscheidungsvermögen [illegible] Farbe die Rede sein konnte. Die übrigen Individuen aber, die Farben [illegible] [illegible] die sie nur falsch benennen, das sind sämmtlich solche [illegible] bei denen eine Farbe fehlt, oder doch nur sehr schwach [illegible] wird, bei denen wir also nach der Young'schen Theorie an[illegible] müssen, dass eine Art der Fasern entweder gänzlich gelähmt [illegible] doch in hohem Grade unterempfindlich sei. Die meisten der Fälle [illegible] Art lassen sich darauf zurückführen, dass die Leute kein Roth [illegible] Der älteste Fall, durch den man erst den Schlüssel zu dieser [illegible] der Farbenblindheit erhielt, bezieht sich auf einen Schneider zu [illegible] der fortwährend Widerwärtigkeiten beim Aussuchen des Tuches [illegible] weil er allerhand seltsame Irrthümer beging. Man wusste nicht, [illegible] das lag, man wusste nur, dass er die meisten Farben falsch benenne. [illegible] Tages bekam er ein schwarzes Beinkleid zu flicken und gab das[illegible] [illegible] rothen Lappen geflickt zurück. Jetzt zeigte es sich, [illegible] eigentliche Fehler seines Gesichtes liege: er sah kein Roth. [illegible] Gelegenheit gehabt, einen jungen, sehr intelligenten Mann zu [illegible] der an demselben Gesichtsfehler litt. Er gab die Farben

fortwährend falsch an, weil ihm eben Roth fehlte, und zwar in solchem Grade, dass, als man ihm pulverförmigen Karmin in einem Glase zeigte und ihn fragte, wie das aussehe, er sagte: „Dunkel; es könnte vielleicht Roth sein.“ Wo also eine solche Unterempfindlichkeit für eine der Grundfarben existirt, da können die Farben nicht in der gewöhnlichen Weise unterschieden und benannt werden.

Unterscheidungsvermögen der Netzhaut.

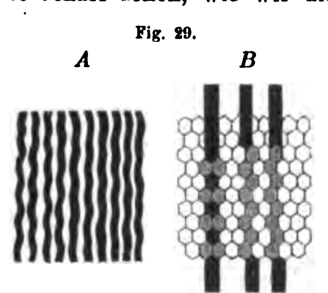
Wir verlassen jetzt die Erregungszustände der Netzhaut im Allgemeinen und gehen auf das Unterscheidungsvermögen über und auf die örtliche Verschiedenheit desselben. Es ist klar, dass, da in der Netzhaut nur eine bestimmte Summe von Sehnervenfasern ihre Endigung findet, jedesmal auch nur eine bestimmte Summe von Localzeichen an das Gehirn überliefert werden kann. Wir werden also von einem gegebenen Raume des Sehfeldes auch nur immer eine bestimmte Summe von Localzeichen bekommen können. Es wird demnach unser Unterscheidungsvermögen eine gewisse Grenze haben, und wenn wir diese Grenze überschreiten, so werden die Farbeneindrücke zusammenfliessen. Wenn wir z. B. eine Abwechslung von sehr kleinen blauen und gelben Feldern haben, so werden diese Felder blau und gelb erscheinen, wenn wir sie in der Nähe ansehen. Entfernen wir uns aber weiter, wird der Sehwinkel immer kleiner, so werden sie endlich zusammenfliessen, die Farben werden sich aufheben und wenn wir die Felder gegeneinander richtig abgepasst haben, werden wir neutrales Grau erhalten.

Es wird dies von den Malern benützt, um bei grossen Bildern, die für einen weiten Abstand bestimmt sind, Farben durch Addition auf der Netzhaut zu mischen. So setzen sie z. B., namentlich der berühmte Landschaftsmaler Hildebrandt bediente sich dieses Kunstgriffs, Zinnober und Grün nebeneinander um Gelb zu erzeugen.

Es fragt sich nun, welches ist die Grenze unseres Unterscheidungsvermögens, und wie stimmt diese überein mit der Grösse unserer Netzhautelemente? Wir sind durch anderweitige Gründe dazu geführt die Zapfen als die ersten Angriffspunkte für das Licht anzusehen. Wir müssen daher auch von vorne herein der Meinung sein, dass nur zwei Punkte nebeneinander als zwei Punkte gesehen werden können, die sich auf zwei verschiedenen Zapfen abbilden, dass aber zwei Punkte, die so nahe bei einander liegen, dass sie Beide auf einem und demselben Zapfen abgebildet werden können, auch nur einen Eindruck geben. Diese Voraussetzung bestätigt sich auch. Wenn man mit stark beleuchteten Linien die Gesichtsschärfe untersucht, indem man zusieht, wie weit man sich von ihnen entfernen und sie doch getrennt sehen kann, und daraus die Abstände der Netzhautbilder von einander berechnet, so findet man, dass diese Abstände mit der Breite der Zapfen übereinstimmen. Helmholtz unterschied noch zwei weisse Striche, die so weit von einander entfernt waren, dass zwei gerade Linien in gleicher Höhe von der Mitte jedes dieser graden Striche zu den correspondirenden Punkten des Netzhautbildes gezogen sich unter einem Winkel von 64″ kreuzten. Aber nicht immer und namentlich nicht an punktförmigen Bildern bewährt sich die Sehschärfe bis zu diesem Grade. Zwei Sterne, deren Winkelabstand 30 bis 60″

beträgt, erscheinen auch nicht kurzsichtigen Augen meistens als ein Stern. Helmholtz hat bei seinen Beobachtungen die merkwürdige Wahrnehmung gemacht, dass zuletzt die schwarzen und weissen Striche nicht gerade bleiben, sondern dass die schwarzen sich etwas im Zickzack biegen und die dazwischen liegenden weissen kleine Anschwellungen bekommen. Er leitet dies von dem Mosaik der Zapfen in der Fovea centralis retinae ab und von der Art und Weise, wie die weissen Striche, die ja das Erregende sind, die in Sechsecken neben einander gestellten Zapfenbasen beleuchten. Die Figuren 29 zeigen *A* die Erscheinung selbst und *B* die schematische Darstellung der Art und Weise, wie sie nach der Ansicht von Helmholtz zu Stande kommt. Die directen Versuche ergeben also, dass wir so scharf sehen, wie wir dies theoretisch nur voraussetzen können, dass also unser Auge als optischer Apparat scheinbar Alles leistet, was nur von ihm erwartet werden kann. Wir werden später Gelegenheit haben, uns darüber einigermassen zu wundern, indem wir sehen werden, dass das Auge als optischer Apparat keineswegs im höchsten Grade vollkommen ist, dass es keineswegs das leistet, was ein idealer optischer Apparat leisten sollte, nämlich alle Strahlen von einem deutlich gesehenen Punkte wieder auf einen Punkt der Netzhaut zu vereinigen. Es kommt aber dafür etwas Anderes in Betracht. Wir tasten mit den Augen in ähnlicher Weise auf dem Gesichtsobjecte herum, wie ein Blinder mit seinen Fingerspitzen auf einem Gegenstande herumtastet, um sich eine klare Vorstellung von der Beschaffenheit, von den Erhebungen und Vertiefungen desselben zu verschaffen. Indem wir mit den Augen auf dem gesehenen Gegenstande herumgleiten, und somit die Bilder der kleinen Gegenstände von einem Zapfen auf den anderen übergehen lassen, verschaffen wir uns deutlichere Vorstellungen, als sie uns ein einmaliger Eindruck verschaffen könnte.

Fig. 29.



Dass dem wirklich so sei, davon überzeugt man sich leicht, wenn man den Lichteindruck so kurz macht, dass es unmöglich ist, während dieser kurzen Zeit eine merkliche Augenbewegung auszuführen. Wenn wir einen rotirenden Farbenkreisel mit dem Lichte des electrischen Funkens beleuchten, so sehen wir die Farben nicht gemischt, sondern wir sehen die einzelnen, verschieden gefärbten Sectoren neben einander stehen. Der electrische Funke dauert nur so kurze Zeit, dass der Kreisel während dieser Zeit nur einen sehr kleinen Bruchtheil seiner Umdrehung ausführen kann, dass er sich während dieser Zeit, bei weitem nicht um die Breite eines Sectors gedreht hat, denn sonst müssten die Farben gemischt sein. Nun kann ich diese Beleuchtung durch den electrischen Funken stark genug machen, dass ich die Gegenstände völlig hell sehe; es wird mir aber niemals gelingen, die Gegenstände so deutlich zu sehen, wie ich sie beim ruhigen Ansehen und dauernder Beleuchtung sehe, selbst wenn diese Beleuchtung verhältnissmässig schwach ist. Wenn des Nachts ein starker Blitz die Landschaft erhellt, so sieht man alle Gegenstände hell beleuchtet, aber nicht einmal in der Deutlichkeit, in der man sie in der Dämmerung sieht, weil eben der Eindruck ein

so kurzer ist, dass es nicht möglich ist, sich in den Gesichtsobjecten sicher zu orientiren.

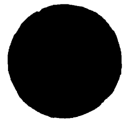
Diese Schärfe des Unterscheidungsvermögens, von der wir eben gesprochen haben, existirt aber nur in der Fovea centralis retinae. Je mehr man sich von dieser entfernt, je mehr man in das sogenannte indirecte Sehen kommt, um so schwächer wird das Unterscheidungsvermögen. Man kann sich davon überzeugen, indem man einen Gegenstand fest ansieht und das eine Auge schliesst und dann einen zweiten Gegenstand unmittelbar neben denselben bringt. Man wird dann, wenn man das Auge für diese Sehweite einstellt, ihn vollkommen scharf sehen können. Bleibt man aber in der Fixation für den anderen Gegenstand und bewegt diesen Gegenstand seitlich fort, so wird man bemerken, dass das Bild immer undeutlicher wird. Gegen die Ora serrata hin ist das Unterscheidungsvermögen ein so stumpfes, dass wir die Gegenstände, die sich dort abbilden, die also nahe der Grenze unseres Sehfeldes liegen, nicht mehr in ihrer Form erkennen, dass wir nur noch einen unbestimmten Eindruck davon haben, dass sich daselbst hellere und dunklere und farbige Gegenstände befinden.

Mariotte's blinder Fleck.

Es gibt einen Punkt der Netzhaut, mit dem wir gar nichts sehen, und das ist die Eintrittsstelle des N. opticus. Weshalb wir mit dieser Eintrittsstelle nicht sehen ist begreiflich. Wir sehen nämlich mit dieser Stelle nicht, weil hier keine Zapfen- und Stäbchenschicht vorhanden ist, sondern das Licht, das hier auffällt, nur die austretenden Fasern des N. opticus trifft. Mariotte bemerkte zuerst, dass man diesen blinden Fleck im Sehfelde sich subjectiv bemerklich machen kann. Man macht zwei Zeichen auf einem Papiere, ein Kreuz und eine Kreisscheibe (siehe Fig. 30),

Fig. 30.





man schliesst dann das eine Auge und fixirt dasjenige Zeichen, welches nach der Nasenseite hin liegt, und nun nähert und entfernt man das Papier. Dann kommt man auf eine Stellung, wo bei fester Fixation das äussere Bild, das an der Schläfenseite, verschwindet. Nähert man das Bild wieder oder entfernt es, so kommt es wieder zum Vorschein. Dieser blinde Fleck im Sehfelde heisst nach Mariotte der Mariotte'sche Fleck. Er liegt etwa 15^0 nach auswärts vom Centrum des Sehfeldes, das heisst von dem fixirten Punkte oder von der in sich selbst projicirten Gesichtslinie. Auf der Netzhaut liegt er also etwa 15^0 nach innen vom Centrum retinae. Er erstreckt sich nämlich von 13^0 bis 19^0, indem er einen Durchmesser von beiläufig 6^0 oder etwas darüber hat. Will man deshalb die beistehende Figur zum Versuche benutzen, so bringt man das Buch, um eins der Zeichen verschwinden zu lassen, in eine Entfer-

Grün setzt sich hell auf dunklem Grunde ab. Einige sehen dieses Nachbild etwas anders. Exner beschreibt es so, dass das dunkle Intervall fehlt, und das Roth durch eine Art von Grau in das Grün des positiven complementär gefärbten Nachbildes übergeht. Man kann dieses positive complementär gefärbte Nachbild auch sehen, wenn man längere Zeit in eine Kerzenflamme durch ein farbiges z. B. rothes Glas hineinstarrt. Wenn man dann plötzlich, ohne den Augapfel mit den Augenlidern zu drücken, die Augen schliesst, sieht man eine grüne Flamme, in der das hell ist, was in der Flamme selbst hell ist, und das dunkel, was in der Flamme selbst dunkel ist, also ein positives complementär gefärbtes Nachbild.

Die positiven gleich gefärbten Nachbilder muss man ansehen als hervorgegangen aus der Wiederkehr des Erregungszustandes, welchen das ursprüngliche Licht hervorgebracht hat, die negativen Nachbilder aber, die immer complementär gefärbt sind, sind Abstumpfungsbilder, das heisst sie rühren daher, dass das einwirkende Licht eine Partie unserer Netzhaut unterempfindlich gemacht hat für objectives Licht, und dass deshalb, wenn wir zum Beispiele rothes Licht gesehen haben, der Eindruck von Roth fehlt, wenn gemischtes Licht auf dieselbe Stelle fällt, und deshalb an dieser Stelle der Eindruck von Grün entsteht, welches dunkler ist als der Grund. Es ist über die Richtigkeit dieser Erklärung gestritten worden, weil dieses negative complementär gefärbte Nachbild auch bei geschlossenen Augen, ja selbst wenn man die Augen mit beiden Händen bedeckt, gesehen wird. Fechner hat aber darauf aufmerksam gemacht, dass dies damit zusammenhängt, dass wir unsern Sehnerven niemals im Zustande der völligen Ruhe empfinden, dass wir auch, wenn wir die Augen mit den Händen bedecken, nicht ganz schwarzes Sehfeld haben, sondern gewöhnlich ein Sehfeld, das uns etwas gelblich, wie mit feinem Goldstaub durchstreut erscheint, und dass in diesem subjectiven Lichte auch die Farbe fehlt, die die Erregung hervorgebracht hat, und deshalb ein Nachbild in complementärer Farbe und dunkler als der übrige Grund erscheint. Die Richtigkeit seiner Erklärung bestätigt sich dadurch, dass, wenn man die Hände etwas lüftet und Licht durch die Augenlider hineinfallen lässt, diese Bilder nicht verschwinden, sondern sich deutlicher auf dem nun helleren Grunde absetzen. Bei starken monochromatischen Lichteindrücken, z. B. wenn man durch ein rothes Glas in die Sonne sieht, folgen sich die Nachbilder gewöhnlich in folgender Weise. Erst das positive gleichgefärbte Nachbild, dann ein negatives complementär gefärbtes Nachbild, dann taucht wieder, wenn ein hinreichend starker Eindruck gemacht ist, ein positives gleichgefärbtes Nachbild auf, dann wechseln negatives complementär gefärbtes und positives gleichgefärbtes Nachbild mehrmals mit einander ab, um so häufiger, je stärker der Eindruck gewesen ist, und endlich steht das negative complementär gefärbte Nachbild noch eine Weile, und die Retina kommt dann wieder zur Ruhe. Wenn der Eindruck nicht von monochromatischem Lichte gemacht wurde, sondern von weissem, gemischtem Lichte, hat man keineswegs immer weisse oder schwarze Nachbilder, sondern bei stärkeren Lichteindrücken hat man farbige Nachbilder, bei denen eine Farbe die andere verdrängt. Das beruht darauf, dass die Nachbilder der verschiedenen Farben zeitlich auseinanderfallen, und deshalb auch nicht miteinander Weiss

geben können, sondern verschiedene Farben nacheinander zum Vorschein kommen. Man hat dies mit dem Namen des Abklingens des Nachbildes durch verschiedene Farben bezeichnet. Es ist dabei merkwürdig, dass, wenn man ein positives Nachbild von einer bestimmten Farbe bei geschlossenen und bedeckten Augen hat, und man das Auge öffnet und auf einen hellen Grund sieht, auf dem hellen Grunde das negative complementär gefärbte Nachbild auftritt. Das Auge ist also objectiv unterempfindlich gegen die Farbe, die es eben subjectiv empfunden. Wenn nun kein Nachbild mehr vorhanden ist, so ist doch nach den Lichteindrücken das Auge nicht ganz in seinem Normalzustande, in ähnlicher Weise, wie wir gesehen haben, dass ein Nerv, durch den ein Strom hindurchgegangen ist, noch nicht ganz in seinem Normalzustande ist, wenn auch kein Oeffnungstetanus mehr vorhanden ist. Dies zeigt sich an einer Verstimmung der Retina, in welcher die Farben anders wahrgenommen werden als sonst, und das gibt Veranlassung zu einer neuen Art von Contrastwirkungen. Durch den dauernden Eindruck einer Farbe ist die Retina unterempfindlich geworden gegen dieselbe Farbe und man sieht daher die complementäre Farbe subjectiv verstärkt. Wenn wir eine Zeit lang auf einen rothen Gegenstand gesehen haben, und sehen von demselben weg auf einen grauen Gegenstand, so erscheint uns dieser grünlich, und umgekehrt, wenn längere Zeit hindurch grünes Licht auf unser Auge eingewirkt, so erscheint uns ein anderer Gegenstand, auf den wir sehen, röthlich u. s. w.

Thomas Young's Theorie.

Es handelt sich nun darum, wie sollen wir uns alle diese Farbenerscheinungen erklären, wie sollen wir uns überhaupt eine Vorstellung davon machen, dass es möglich sei, dass wir so viele Arten von Farben unterscheiden? Unterscheiden wir sie, weil in ein und derselben Art von Nerven durch sie verschiedene Erregungszustände hervorgerufen werden, oder unterscheiden wir sie dadurch, dass wir verschiedene Arten von Nervenfasern im N. opticus haben, die jede, sie mögen von was immer für Licht erregt werden, wenn sie einmal erregt, uns immer eine bestimmte Farbenempfindung verursachen? Wenn ich sage, verschiedene Arten von Nervenfasern, so meine ich hier, wie anderswo, nicht dass die Nervenfasern als solche verschieden sein müssen, sondern nur, dass sie mit verschiedenartigen Centralgebilden, Nervenzellen des Centralorgans, verbunden sind, und dass uns qualitativ verschiedene Empfindungen erwachsen, je nachdem die eine oder die andere Art von Centralgebilden erregt wird. Die erstere Vorstellung, die, dass die verschiedenen Farben je nach ihrer Wellenlänge verschiedene Erregungszustände im N. opticus hervorriefen, war bis vor verhältnissmässig kurzer Zeit die herrschende. Aber Thomas Young hatte schon im Anfange dieses Jahrhunderts eingesehen, dass man mit dieser Art der Erklärung nicht auskommen könne, und er stellte deshalb eine andere Theorie auf, die ganz in Vergessenheit gerathen war, bis Helmholtz sie von Neuem auseinandergesetzt und mit neuen Beweismitteln gestützt hat. Die Young-Helmholtz'sche Theorie von der Perception der Farben sagt aus, dass sich im Sehnerven dreierlei Arten von Nervenfasern befinden, von

denen die einen, wenn sie erregt werden, uns die Empfindung Roth verursachen, die andern die Empfindung Grün und die dritten die Empfindung Violett hervorrufen. Alle drei Arten von Nervenfasern können zwar erregt werden durch alle Strahlen, die uns überhaupt leuchtend erscheinen, aber diejenigen, welche uns die Empfindung Roth verursachen, werden am stärksten von den langwelligen Strahlen erregt, die Nervenfasern, welche uns die Empfindung Violett verursachen, werden am stärksten durch die kurzwelligen Strahlen des Spectrums erregt, und diejenigen Nervenfasern, welche uns die Empfindung Grün verursachen, werden am stärksten erregt durch die Strahlen von einer mittleren Wellenlänge, durch die Strahlen, die dem spectralen Grün an Wellenlänge entsprechen. Fällt nun auf unser Auge monochromatisch rothes Licht, so wird dies alle Nervenfasern erregen, aber die rothempfindenden am stärksten, wir werden also Roth sehen. Fällt grünes Licht in unser Auge, so wird es alle Arten von Nervenfasern erregen, aber die grünempfindenden am stärksten, wir werden also Grün sehen. Wenn violettes monochromatisches Licht in unser Auge fällt, wird es alle Arten von Nervenfasern erregen, aber die violettempfindenden am stärksten, wir werden also Violett sehen. Wenn monochromatisch gelbes Licht in unser Auge fällt, so wird es sowohl die rothempfindenden, als auch die grünempfindenden Fasern relativ stark erregen, und dadurch wird für uns ein gemischter Eindruck entstehen, den wir Gelb nennen. Ist die Wellenlänge grösser, wird das Roth vorherrschend, und wir werden Orange sehen. Ist die Wellenlänge etwas geringer, so wird die Erregung der grünempfindenden Fasern vorherrschend, und wir werden Gelbgrün sehen. Wirkt monochromatisch blaues Licht auf unsere Netzhaut, so werden sowohl die grün- als die violettempfindenden Fasern erregt, dadurch wird ein gemischter Eindruck entstehen, welchen wir Blau nennen. Ist die Wellenlänge der Strahlen etwas grösser, so wird der Eindruck zum Grün hinziehen, indem die grünempfindenden Fasern stärker erregt werden. Wird dagegen die Wellenlänge kürzer, wird er mehr zu Indigo und Ultramarin ziehen, weil nun die violettempfindenden Fasern stärker erregt werden.

Da jede Art von Licht nach dieser Theorie alle drei Arten von Nerven erregt, so sind nach ihr auch die reinen Spectralfarben nicht absolut gesättigt und in der That hat Helmholtz gezeigt, dass man ihre Sättigung dadurch noch erhöhen kann, dass man das Auge vorher gegen die Complementärfarbe abstumpft.

Wir haben gesehen, dass ganz ähnliche Eindrücke, wie sie die einzelnen Spectralfarben hervorbringen, auch hervorgebracht werden können durch gemischte Farben. Dass z. B. Roth und Grün, welches wir auf dem Farbenkreisel miteinander mischen, Gelb geben, dass Grün und Violett miteinander Blau hervorbringen können u. s. w. An der Erklärung dieser Erscheinung ist man früher, ehe die Young'sche Theorie wieder in Aufnahme kam, immer gescheitert. Man hat sie erklären wollen aus der Wellentheorie nach dem Principe der Interferenz. Aber man ist hiebei niemals zu Resultaten gelangt, die mit der Wirklichkeit übereinstimmen, und es lässt sich auch leicht zeigen, dass überhaupt nach dem Principe der Interferenz diese Erscheinungen nicht erklärt werden können. Denn erstens kommt es nicht nur darauf an, welche Farben wir miteinander

mischen, sondern auch darauf, in welcher Menge wir dieselben miteinander mischen. Ich kann aus einem bestimmten Roth und einem bestimmten Grün alle dazwischen liegenden Arten Gelb mischen, einfach dadurch, dass ich einmal mehr die Intensität des Grün und das andere Mal mehr die Intensität des Roth wachsen lasse: zweitens aber, und das ist ein absolutes Hinderniss für jede Erklärung aus der Undulations-Theorie, ich kann die Farben für mein Gesicht in der Weise mischen, dass die eine Farbe nur in das eine Auge und die andere Farbe nur in das andere Auge hineinkommt. Wenn ich dem einen Auge Roth und dem andern Blau darbiete und fixire einen bestimmten Punkt, so sehe ich, wie wir später noch näher kennen lernen werden, Violett. Hiemit ist jede Art von physikalischer Erklärung solcher Farbenmischung ausgeschlossen. Die Young'sche physiologische Theorie gibt aber eine sehr einfache Erklärung. Sie sagt nämlich: Wenn gemischtes oder monochromatisch rothes Licht auf meine Augen wirkt, so erregt es alle Fasern, aber die rothempfindenden am stärksten und wenn grünes Licht, gemischtes oder monochromatisches, auf meine Augen einwirkt, so erregt es alle Fasern, aber die grünempfindenden am stärksten. Beide gleichzeitig geben also einen gemischten Eindruck, der Gelb ist, weil er analog ist demjenigen Eindrucke, den das gelbe Licht hervorbrachte, das auch alle Fasern erregte, aber die roth- und grünempfindenden Fasern stärker als die violettempfindenden. Mit dieser Erklärung ergibt sich auch sehr leicht, warum man alle Nuancen zwischen Grün und Roth hervorbringen kann, je nachdem man die Intensität der einen oder der andern Strahlen steigert. Man bringt nämlich durch Steigern der Intensität des rothen Lichtes dasselbe hervor, was man bei Versuchen mit monochromatischem Lichte dadurch hervorbringt, dass man von Gelb weiter gegen Roth hin geht. Wenn ich aber bei gemischtem Lichte die Intensität des Grün steigere, wird die Erregung der grünempfindenden Fasern grösser, ich bringe also dasselbe hervor, als wenn ich mich bei Versuchen mit monochromatischem Lichte gegen die Seite des Grün hin begebe.

Es kann noch darüber discutirt werden, welche die Grundfarben seien, da es ja möglich sein würde, auch aus anderen Farben, als aus Roth, Grün, Violett, die übrigen zu mischen. Man hat in früherer Zeit Roth, Gelb und Blau allgemein als die Grundfarben aufgestellt. Dies rührte daher, dass man aus Pigmenten zwar Grün und Violett aber nicht Gelb und Blau mischen konnte. Aber das ist hier durchaus nicht massgebend, weil bei den Pigmenten, wie wir früher gesehen haben, durch Subtraction gemischt wird, und auf der Netzhaut, in unserer Empfindung, durch Addition, durch gleichzeitige Erregung mehrerer Arten von Nervenfasern. Die neueren Untersuchungen haben einhellig zu dem Resultate geführt, dass Roth und Grün zwei der Grundfarben seien, über das Violett ist man noch nicht vollständig einig. Während Thomas Young und Helmholtz das eigentliche Violett für die dritte Farbe halten, sind Maxwell und Exner der Meinung, dass es nicht das eigentliche Violett sei, sondern die als Indigo bezeichnete Zone, die zwischen dem eigentlichen Violett und dem Blau liegt. Exner sagt: Die Grundfarben erregen zwar alle Fasern, aber immer eine am stärksten. Da aber andererseits die gemischten Farben immer zwei Arten von Nervenfasern stärker erregen, so muss man die gemischten Farben mehr als die Grundfarben verändert finden,

wenn man das Auge gegen eine Art von Licht abstumpft und dann die betreffende Spectralfarbe ansieht. Diejenigen Farben, welche sich so untersucht am unveränderlichsten zeigen, das müssen die Grundfarben sein. Er ist auf diese Weise zu dem Resultate gekommen, dass Roth und Grün zwei der Grundfarben seien; er fand aber, dass Violett veränderlicher ist, als jene Zone des Indigo. Wenn er sein Auge gegen Roth abstumpfte, so erschien ihm spectrales Violett mehr Blau, wenn er dagegen sein Auge durch intensives blaues Licht abstumpfte, dann erschien ihm das Violett auffällig röther als im gewöhnlichen Zustande.

Farbenblindheit.

Die Young'sche Theorie erklärt auch die Farbenblindheit in einer anderen und befriedigenderen Weise, als wir sie früher haben erklären können. Es existiren Individuen, welche Farben fast gar nicht unterscheiden. Diese sind selten. Es existirt aber eine grosse Anzahl von Individuen, welche zwar die Farben unterscheiden, welche aber beim Angeben des Namens der Farbe ganz auffällige Missgriffe machen und sich mit ihrer Umgebung niemals über den Namen, welcher einer Farbe zu geben sei, einigen können. Die erste Art, die Farben überhaupt nur sehr wenig unterscheidet, ist, wie gesagt, sehr selten. Ein derartiger berühmter Fall existirt in einem englischen Optiker, der sagte, er sehe im Sonnenspectrum keine Farben, er sehe wohl das Ende, welches die Leute violett nennen, etwas anders als das andere Ende, aber bestimmte Farben könne er weiter daran nicht unterscheiden. Es ist kaum möglich, eine solche Abwesenheit der Farbenempfindung aus einer blossen Stumpfheit für qualitativ verschiedene Sinneseindrücke abzuleiten, auf welche man z. B. gewisse Grade von Mangel an musikalischem Gehör zurückführen muss. Man muss in einem solchen Falle, wenn man der Young'schen Theorie folgt, annehmen, dass zwei Arten von Nervenfasern im Auge gelähmt oder wenigstens im hohen Grade unterempfindlich waren, und nur eine ihre normale Empfindlichkeit hatte, und dass deshalb, weil nur eine Farbe vorhanden war, überhaupt von keinem Unterscheidungsvermögen für Farbe die Rede sein konnte. Die übrigen Individuen aber, die Farben unterscheiden, die sie nur falsch benennen, das sind sämmtlich solche Individuen, bei denen eine Farbe fehlt, oder doch nur sehr schwach empfunden wird, bei denen wir also nach der Young'schen Theorie annehmen müssen, dass eine Art der Fasern entweder gänzlich gelähmt oder doch in hohem Grade unterempfindlich sei. Die meisten der Fälle dieser Art lassen sich darauf zurückführen, dass die Leute kein Roth empfinden. Der älteste Fall, durch den man erst den Schlüssel zu dieser Form der Farbenblindheit erhielt, bezieht sich auf einen Schneider zu Plymouth, der fortwährend Widerwärtigkeiten beim Aussuchen des Tuches hatte, weil er allerhand seltsame Irrthümer beging. Man wusste nicht, woran das lag, man wusste nur, dass er die meisten Farben falsch benenne. Eines Tages bekam er ein schwarzes Beinkleid zu flicken und gab dasselbe mit einem rothen Lappen geflickt zurück. Jetzt zeigte es sich, worin der eigentliche Fehler seines Gesichtes liege; er sah kein Roth. Ich habe Gelegenheit gehabt, einen jungen, sehr intelligenten Mann zu untersuchen, der an demselben Gesichtsfehler litt. Er gab die Farben

fortwährend falsch an, weil ihm eben Roth fehlte, und zwar in solchem Grade, dass, als man ihm pulverförmigen Karmin in einem Glase zeigte und ihn fragte, wie das aussehe, er sagte: „Dunkel; es könnte vielleicht Roth sein.“ Wo also eine solche Unterempfindlichkeit für eine der Grundfarben existirt, da können die Farben nicht in der gewöhnlichen Weise unterschieden und benannt werden.

Unterscheidungsvermögen der Netzhaut.

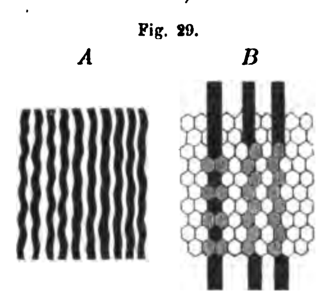
Wir verlassen jetzt die Erregungszustände der Netzhaut im Allgemeinen und gehen auf das Unterscheidungsvermögen über und auf die örtliche Verschiedenheit desselben. Es ist klar, dass, da in der Netzhaut nur eine bestimmte Summe von Sehnervenfasern ihre Endigung findet, jedesmal auch nur eine bestimmte Summe von Localzeichen an das Gehirn überliefert werden kann. Wir werden also von einem gegebenen Raume des Sehfeldes auch nur immer eine bestimmte Summe von Localzeichen bekommen können. Es wird demnach unser Unterscheidungsvermögen eine gewisse Grenze haben, und wenn wir diese Grenze überschreiten, so werden die Farbeneindrücke zusammenfliessen. Wenn wir z. B. eine Abwechslung von sehr kleinen blauen und gelben Feldern haben, so werden diese Felder blau und gelb erscheinen, wenn wir sie in der Nähe ansehen. Entfernen wir uns aber weiter, wird der Sehwinkel immer kleiner, so werden sie endlich zusammenfliessen, die Farben werden sich aufheben und wenn wir die Felder gegeneinander richtig abgepasst haben, werden wir neutrales Grau erhalten.

Es wird dies von den Malern benützt, um bei grossen Bildern, die für einen weiten Abstand bestimmt sind, Farben durch Addition auf der Netzhaut zu mischen. So setzen sie z. B., namentlich der berühmte Landschaftsmaler Hildebrandt bediente sich dieses Kunstgriffs, Zinnober und Grün nebeneinander um Gelb zu erzeugen.

Es fragt sich nun, welches ist die Grenze unseres Unterscheidungsvermögens, und wie stimmt diese überein mit der Grösse unserer Netzhautelemente? Wir sind durch anderweitige Gründe dazu geführt die Zapfen als die ersten Angriffspunkte für das Licht anzusehen. Wir müssen daher auch von vorne herein der Meinung sein, dass nur zwei Punkte nebeneinander als zwei Punkte gesehen werden können, die sich auf zwei verschiedenen Zapfen abbilden, dass aber zwei Punkte, die so nahe bei einander liegen, dass sie Beide auf einem und demselben Zapfen abgebildet werden können, auch nur einen Eindruck geben. Diese Voraussetzung bestätigt sich auch. Wenn man mit stark beleuchteten Linien die Gesichtsschärfe untersucht, indem man zusieht, wie weit man sich von ihnen entfernen und sie doch getrennt sehen kann, und daraus die Abstände der Netzhautbilder von einander berechnet, so findet man, dass diese Abstände mit der Breite der Zapfen übereinstimmen. Helmholtz unterschied noch zwei weisse Striche, die so weit von einander entfernt waren, dass zwei gerade Linien in gleicher Höhe von der Mitte jedes dieser graden Striche zu den correspondirenden Punkten des Netzhautbildes gezogen sich unter einem Winkel von 64″ kreuzten. Aber nicht immer und namentlich nicht an punktförmigen Bildern bewährt sich die Sehschärfe bis zu diesem Grade. Zwei Sterne, deren Winkelabstand 30 bis 60″

beträgt, erscheinen auch nicht kurzsichtigen Augen meistens als ein Stern. Helmholtz hat bei seinen Beobachtungen die merkwürdige Wahrnehmung gemacht, dass zuletzt die schwarzen und weissen Striche nicht gerade bleiben, sondern dass die schwarzen sich etwas im Zickzack biegen und die dazwischen liegenden weissen kleine Anschwellungen bekommen. Er leitet dies von dem Mosaik der Zapfen in der Fovea centralis retinae ab und von der Art und Weise, wie die weissen Striche, die ja das Erregende sind, die in Sechsecken neben einander gestellten Zapfenbasen beleuchten. Die Figuren 29 zeigen *A* die Erscheinung selbst und *B* die schematische Darstellung der Art und Weise, wie sie nach der Ansicht von Helmholtz zu Stande kommt. Die directen Versuche ergeben also, dass wir so scharf sehen, wie wir dies theoretisch nur voraussetzen können, dass also unser Auge als optischer Apparat scheinbar Alles leistet, was nur von ihm erwartet werden kann. Wir werden später Gelegenheit haben, uns darüber einigermassen zu wundern, indem wir sehen werden, dass das Auge als optischer Apparat keineswegs im höchsten Grade vollkommen ist, dass es keineswegs das leistet, was ein idealer optischer Apparat leisten sollte, nämlich alle Strahlen von einem deutlich gesehenen Punkte wieder auf einen Punkt der Netzhaut zu vereinigen. Es kommt aber dafür etwas Anderes in Betracht. Wir tasten mit den Augen in ähnlicher Weise auf dem Gesichtsobjecte herum, wie ein Blinder mit seinen Fingerspitzen auf einem Gegenstande herumtastet, um sich eine klare Vorstellung von der Beschaffenheit, von den Erhebungen und Vertiefungen desselben zu verschaffen. Indem wir mit den Augen auf dem gesehenen Gegenstande herumgleiten, und somit die Bilder der kleinen Gegenstände von einem Zapfen auf den anderen übergehen lassen, verschaffen wir uns deutlichere Vorstellungen, als sie uns ein einmaliger Eindruck verschaffen könnte.

Fig. 29.



Dass dem wirklich so sei, davon überzeugt man sich leicht, wenn man den Lichteindruck so kurz macht, dass es unmöglich ist, während dieser kurzen Zeit eine merkliche Augenbewegung auszuführen. Wenn wir einen rotirenden Farbenkreisel mit dem Lichte des electrischen Funkens beleuchten, so sehen wir die Farben nicht gemischt, sondern wir sehen die einzelnen, verschieden gefärbten Sectoren neben einander stehen. Der electrische Funke dauert nur so kurze Zeit, dass der Kreisel während dieser Zeit nur einen sehr kleinen Bruchtheil seiner Umdrehung ausführen kann, dass er sich während dieser Zeit, bei weitem nicht um die Breite eines Sectors gedreht hat, denn sonst müssten die Farben gemischt sein. Nun kann ich diese Beleuchtung durch den electrischen Funken stark genug machen, dass ich die Gegenstände völlig hell sehe; es wird mir aber niemals gelingen, die Gegenstände so deutlich zu sehen, wie ich sie beim ruhigen Ansehen und dauernder Beleuchtung sehe, selbst wenn diese Beleuchtung verhältnissmässig schwach ist. Wenn des Nachts ein starker Blitz die Landschaft erhellt, so sieht man alle Gegenstände hell beleuchtet, aber nicht einmal in der Deutlichkeit, in der man sie in der Dämmerung sieht, weil eben der Eindruck ein

so kurzer ist, dass es nicht möglich ist, sich in den Gesichtsobjecten sicher zu orientiren.

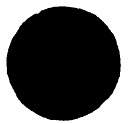
Diese Schärfe des Unterscheidungsvermögens, von der wir eben gesprochen haben, existirt aber nur in der Fovea centralis retinae. Je mehr man sich von dieser entfernt, je mehr man in das sogenannte indirecte Sehen kommt, um so schwächer wird das Unterscheidungsvermögen. Man kann sich davon überzeugen, indem man einen Gegenstand fest ansieht und das eine Auge schliesst und dann einen zweiten Gegenstand unmittelbar neben denselben bringt. Man wird dann, wenn man das Auge für diese Sehweite einstellt, ihn vollkommen scharf sehen können. Bleibt man aber in der Fixation für den anderen Gegenstand und bewegt diesen Gegenstand seitlich fort, so wird man bemerken, dass das Bild immer undeutlicher wird. Gegen die Ora serrata hin ist das Unterscheidungsvermögen ein so stumpfes, dass wir die Gegenstände, die sich dort abbilden, die also nahe der Grenze unseres Sehfeldes liegen, nicht mehr in ihrer Form erkennen, dass wir nur noch einen unbestimmten Eindruck davon haben, dass sich daselbst hellere und dunklere und farbige Gegenstände befinden.

Mariotte's blinder Fleck.

Es gibt einen Punkt der Netzhaut, mit dem wir gar nichts sehen, und das ist die Eintrittsstelle des N. opticus. Weshalb wir mit dieser Eintrittsstelle nicht sehen ist begreiflich. Wir sehen nämlich mit dieser Stelle nicht, weil hier keine Zapfen- und Stäbchenschicht vorhanden ist, sondern das Licht, das hier auffällt, nur die austretenden Fasern des N. opticus trifft. Mariotte bemerkte zuerst, dass man diesen blinden Fleck im Sehfelde sich subjectiv bemerklich machen kann. Man macht zwei Zeichen auf einem Papiere, ein Kreuz und eine Kreisscheibe (siehe Fig. 30),

Fig. 30.





man schliesst dann das eine Auge und fixirt dasjenige Zeichen, welches nach der Nasenseite hin liegt, und nun nähert und entfernt man das Papier. Dann kommt man auf eine Stellung, wo bei fester Fixation das äussere Bild, das an der Schläfenseite, verschwindet. Nähert man das Bild wieder oder entfernt es, so kommt es wieder zum Vorschein. Dieser blinde Fleck im Sehfelde heisst nach Mariotte der Mariotte'sche Fleck. Er liegt etwa 15° nach auswärts vom Centrum des Sehfeldes, das heisst von dem fixirten Punkte oder von der in sich selbst projicirten Gesichtslinie. Auf der Netzhaut liegt er also etwa 15° nach innen vom Centrum retinae. Er erstreckt sich nämlich von 13° bis 19°, indem er einen Durchmesser von beiläufig 6° oder etwas darüber hat. Will man deshalb die beistehende Figur zum Versuche benutzen, so bringt man das Buch, um eins der Zeichen verschwinden zu lassen, in eine Entfer-

nung von 26 bis 28 Centimeter, gemessen vom oberen Augenlide zum fixirten Zeichen.

Helmholtz hat an seinem Auge den blinden Fleck abgetastet und hat in seinem Handbuche der physiologischen Optik eine Abbildung davon gegeben, in der man nicht nur die Eintrittsstelle des Sehnerven deutlich wieder erkennt, sondern auch den Anfang der grossen Blutgefässe der Netzhaut.

Dioptrik des Auges.

Nachdem wir uns so mit der Art beschäftigt haben, wie sich die Retina gegen Eindrücke verhält, müssen wir uns mit der Art und Weise beschäftigen, wie ihr die Gesichtseindrücke zugeführt werden, wir müssen zu der Dioptrik des Auges übergehen. Man sagt, das Auge sei gebaut nach dem Principe der Camera obscura, weil durch einen Apparat, der im Wesentlichen eine Sammellinse ist, also dem Objectiv der Camera obscura entspricht, auf dem auffangenden Schirme, auf der Netzhaut, ein umgekehrtes Bild entworfen wird, wie ein solches auf dem auffangenden Schirme der Camera obscura zu Stande kommt. Das umgekehrte Bild auf der Netzhaut lässt sich am leichtesten an einem pigmentlosen Kaninchenauge zeigen. Wenn man dasselbe herauspräparirt und es aufhängt, so sieht man die Gegenstände, die demselben gegenüberliegen, auf der Netzhaut in umgekehrtem Bilde durch die hinreichend durchscheinende Sclerotica. In Bezug auf dieses umgekehrte Netzhautbild hat man sich oft die Frage gestellt, wie es denn möglich sei, dass wir die Dinge aufrecht sehen, während sie doch auf der Netzhaut umgekehrt abgebildet werden. Es gibt eine grosse Menge von Theorien, die sich theils damit beschäftigen, zu beweisen, dass das umgekehrte Netzhautbild doch eigentlich nicht verkehrt, sondern aufrecht sei, und andere, die sich damit beschäftigten, durch welche Processe dieses umgekehrte Netzhautbild noch einmal im Gehirn umgekehrt werde und nun aufrecht zum Bewusstsein komme. Alle diese Dinge braucht man begreiflicher Weise nicht: denn, da der Mensch überhaupt nichts von seinem Netzhautbilde weiss, so kann er auch nichts davon wissen, dass das Netzhautbild in seinem Auge verkehrt ist. Er kann nur ein Localzeichen haben von etwas, das unter oder über den Horizont liegt, er kann ein Localzeichen haben von etwas, das rechts, und von etwas, das links liegt, und, da die Localzeichen, die von derselben Oertlichkeit ausgehen, immer wieder analoge Punkte der Netzhaut treffen, so orientirt er sich natürlicher Weise ganz consequent und ganz unbekümmert um sein umgekehrtes Netzhautbild in der Räumlichkeit der Aussendinge. Johannes Müller pflegte schon zu sagen, er begreife nicht, wie man von verkehrt sprechen könne, da, wo einmal Alles umgekehrt sei; da doch dann das Kriterium für das Aufrechte abhanden gekommen sei.

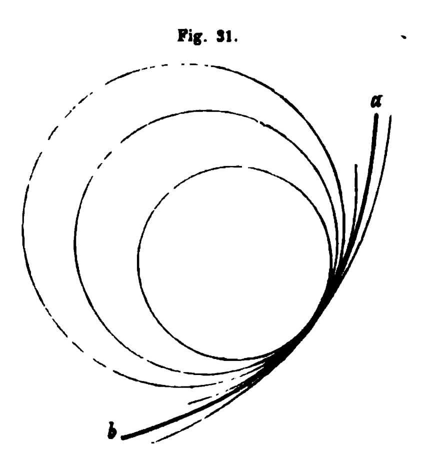
Es fragt sich nun, wie kommt dieses umgekehrte Netzhautbild zu Stande? Es kommt durch Brechung zu Stande. Die Strahlen treffen erst die Oberfläche der Hornhaut; hier werden sie am stärksten gebrochen, weil sie aus einem sehr dünnen Medium, aus Luft, in ein verhältnissmässig dichtes Medium, in die Substanz der Hornhaut übergehen. Dann werden sie ein zweites Mal gebrochen, indem sie aus der Hornhaut in den Humor

aqueus übergehen, der einen niedrigeren Brechungsindex hat, als die Hornhaut. Dann werden sie zum Einfallslothe gebrochen, wenn sie in die Linse übergehen, so lange sie in dichtere Linsenschichten übergehen, dann aber vom Einfallslothe, wenn sie wieder in die dünneren Schichten derselben gelangen und endlich aus der Linse herauskommen. Der Glaskörper hat in seiner Dichtigkeit nur geringe Aenderungen, so dass man den Gang der Strahlen durch denselben als geradlinig betrachten kann.

Wie soll man diese verschiedenen Brechungen der Rechnung unterziehen? Wir haben gewisse hergebrachte Formeln, welche uns erlauben, mit ziemlicher Leichtigkeit die Brennweite, die Ausdehnung der Bilder und die Eigenschaften der Bilder bei sphärischen Linsen zu untersuchen. Nun haben wir aber im Auge nicht mit sphärischen Linsen zu thun, sondern mit lauter Rotationsoberflächen und, wie wir später sehen werden, nicht einmal ganz reinen Rotationsoberflächen, von Curven, die sich am meisten Curven zweiten Grades anschliessen. Wir können uns aber die Sache einigermassen vereinfachen, wenn wir nur Strahlen berücksichtigen, die ganz nahe der Axe einfallen, um welche wir uns die optischen Medien des Auges centrirt denken.

Zu jeder Curve lässt sich ein Kreis finden, der sie an irgend einer Stelle berührt und sich an dieser Stelle möglichst langsam von ihr entfernt. Denken Sie sich, ich hätte an die betreffende Stelle einen berührenden Kreis an eine Curve *a b* (Figur 31) angelegt, und dieser Kreis wachse fortwährend, bleibe aber dabei immer mit der Curve in Berührung (Fig. 31), so wird er eine Zeit lang bei seinem Wachsen sich noch immer nach innen von ihr entfernen, aber später, wenn sein Radius immer grösser wird, wird ein Punkt kommen, wo der Kreis nach aussen von der Curve liegt. Dazwischen muss aber irgend ein Kreis sein, der länger als alle übrigen mit der Curve in unmittelbarer Berührung ist. Von diesem Kreise sagt man, dass er mit der Curve an dieser Stelle die Osculation der höchsten Ordnung habe. Dieser Kreis lässt sich durch Rechnung finden. Denken Sie sich, ich hätte ihn gefunden und ich drehe nun den Kreis und die Curve um die Senkrechte in dem Berührungspunkte als Axe, so werden dadurch eine Kugel und ein Rotationskörper entstehen, die sich berühren und da, wo sie sich berühren, was hier in einiger Ausdehnung stattfindet, identisch sind. Ich kann also für eine solche Oberfläche, die nicht nach einem Kreise gekrümmt ist, eine sphärische substituiren, die durch die Rotation des Kreises erzeugt wird, der an dieser Stelle mit der Curve die Osculation von der höchsten Ordnung hat.

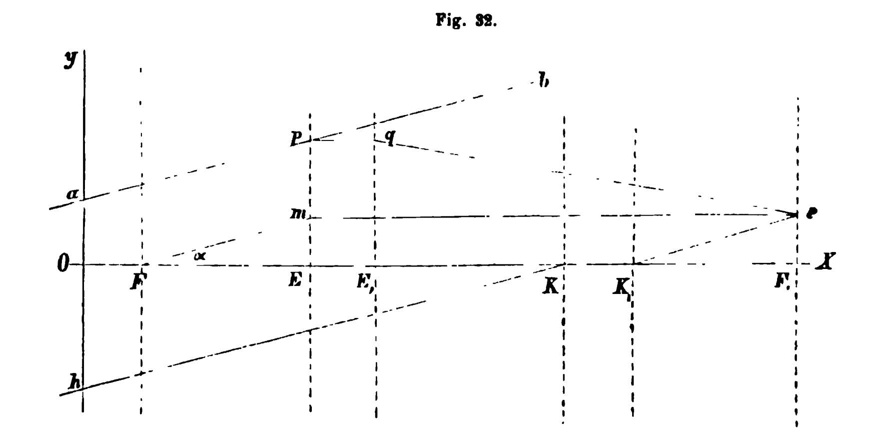
Fig. 31.



Auf diese Weise kann ich, so lange es sich um Strahlen handelt, die ganz nahe der optischen Axe einfallen, anderweitigen Rotationsoberflächen sphärische substituiren. Nun hat Gauss eine Rechnung entwickelt, ver-

möge welcher man für jedes optische System, welches nur sphärische Flächen hat, und in dem die sphärischen Flächen alle um ein Axe centrirt sind, durch gewisse Gleichungen, in welche eingehen erstens die Krümmungshalbmesser der brechenden Flächen, zweitens der Abstand der brechenden Flächen von einander, drittens die Brechungsindices der an und zwischen den brechenden Flächen gelagerten Medien, den Ort von vier Punkten finden kann, die als der vordere und der hintere Brennpunkt, und als der vordere und der hintere Hauptpunkt bezeichnet werden. Wenn man diese vier Punkte berechnet hat, so kann man durch eine einfache Construction den Weg eines jeden Strahles nach seiner letzten Brechung finden, wenn man den Weg dieses Strahles vor seiner ersten Brechung kennt. Diese Rechnung, die also im wesentlichen die Lösung unseres Problems gibt, ist später von Helmholtz und dann noch von Victor v. Lang modificirt und vereinfacht worden. Nehmen wir an, wir hätten ein beliebiges dioptrisches System von n sphärischen Flächen, welche alle

Fig. 32.



um die Axe OX centrirt sind, und wir hätten die vier Punkte gefunden. Der hintere Brennpunkt ist derjenige Punkt, in welchem sich alle Strahlen vereinigen, die mit der Axe OX parallel von links nach rechts einfallen; wir bezeichnen ihn mit $F_,$. Ich lege mir nun durch denselben eine Ebene senkrecht auf die Axe und nenne sie die hintere Brennpunktsebene. Nun kann ich mir aber auch denken, dass von der andern Seite des dioptrischen Systemes, von rechts nach links Strahlen parallel mit der Axe einfielen, dann werden sich diese in einem andern Punkte vereinigen, in dem vorderen Brennpunkte, den ich mit F bezeichne. Durch ihn lege ich mir eine Ebene senkrecht auf die Axe und nenne diese Ebene die vordere Brennpunktsebene. Dann denke ich mir, ich hätte aus den Gleichungen die beiden Punkte gefunden, die Gauss mit dem Namen des vorderen und hinteren Hauptpunktes bezeichnet. Den vorderen Hauptpunkt bezeichne ich mit E und lege durch denselben eine Ebene senkrecht auf die Axe, die vordere Hauptpunktsebene, den hinteren bezeichne ich mit $E_,$ und lege durch denselben eine Ebene senkrecht auf die Axe, die hintere Hauptpunktsebene.

Wenn mir jetzt irgend ein einfallender Strahl z. B. der Strahl *a b* gegeben ist, und es soll sein Weg nach der letzten Brechung gefunden werden, so ziehe ich eine Parallele *Fm* mit diesem Strahle vom vorderen Brennpunkte aus bis zur vorderen Hauptpunktsebene, dann ziehe ich eine Parallele zur Axe von dem so gewonnenen Durchschnittspunkte *m* aus, bis ich zur hinteren Brennpunktsebene gelange. Damit habe ich einen der Punkte ermittelt, die ich brauche, ich habe den Punkt *e* gefunden, in welchem der Strahl nach seiner letzten Brechung die hintere Brennpunktsebene schneiden wird. Um den Weg des Strahles nach seiner letzten Brechung zu finden, ziehe ich von dem Durchschnittspunkte *p*, den er mit der vorderen Hauptpunktsebene hat, eine Parallele mit der Axe zur hinteren Hauptpunktsebene, bezeichne den hier erhaltenen Durchschnittspunkt mit *q* und verbinde ihn mit dem früher gefundenen Durchschnittspunkte *e* durch eine gerade Linie: dann habe ich in ihr den Weg, welchen der Strahl nach seiner letzten Brechung nimmt.

Ein jedes solches dioptrisches System hat nun aber noch zwei Punkte, welche eben so weit von einander entfernt sind, wie die beiden Hauptpunkte, und dabei eben so weit vom hinteren Brennpunkte entfernt sind, wie die beiden Hauptpunkte vom vorderen Brennpunkte. Diese beiden Punkte bezeichnen wir mit K und $K_{,}$ und nennen sie den vorderen und den hinteren Knotenpunkt. Wir legen durch jeden eine Ebene senkrecht auf die Axe, die vordere und die hintere Knotenpunktsebene. Diese beiden Punkte haben eine merkwürdige Eigenschaft, nämlich die, dass ein Strahl, der auf den ersten Knotenpunkt zielt, durch alle Brechungen, die er nach einander erleidet, schliesslich seine Richtung nicht geändert hat, sondern seiner ursprünglichen Richtung parallel ist, aber um ein Stück längs der Axe verschoben ist, und dieses Stück ist nichts anderes als die Entfernung der beiden Knotenpunkte von einander. Ich nehme also einen Strahl, der auf den vorderen Knotenpunkt zielt, ich will beispielsweise denjenigen nehmen, welcher dem früher betrachteten einfallenden Strahle *a b* parallel ist, *h K*; so finde ich den Weg desselben nach der letzten Brechung, wenn ich vom hinteren Knotenpunkte $K_{,}$ aus eine Parallele mit ihm ziehe. Da $EF = K_{,} F_{,}$ ist, so muss dieser Strahl in unserem Beispiele auch in *e* ankommen, wie wir dies auch gefunden haben würden, wenn wir seinen Weg nach der letzten Brechung mittelst der Hauptpunkte aufgesucht hätten. Alle Strahlen, welche unter sich parallel einfallen, müssen irgendwo in der hinteren Brennpunktsebene mit einander zur Vereinigung kommen, ebenso wie alle Strahlen, die der Axe parallel einfallen, sich im hinteren Brennpunkte vereinigen. Wenn wir also im menschlichen Auge die Hauptpunkte oder die Knotenpunkte, ferner den vorderen und den hinteren Brennpunkt bestimmt hätten, so würden wir daraus eine Construction ableiten können, vermöge welcher wir mit Leichtigkeit, wenn wir irgend ein Object haben, das Netzhautbild dieses Objectes construiren können. Nun haben wir aber da noch bedeutende Schwierigkeiten. Den Krümmungshalbmesser im Scheitel der Hornhaut können wir messen und ihr eine sphärische Oberfläche substituiren. Ebenso am vorderen und hinteren Linsenpol. In der Tiefe der Linse aber kommen immer neue Curven, so dass wir den Krümmungshalbmesser der Scheitel nicht mehr mit Genauigkeit messen können. Wir können auch die mittlere Dichtigkeit der Linse bestimmen, aber wir

kennen nicht das Gesetz, nach dem von Schicht zu Schicht die Dichtigkeit zunimmt. Zudem ist die Anzahl der Schichten so gross, dass wenn alle diese Schichten als einzelne Flächen in Berechnung gezogen werden sollten, man eine im höchsten Grade complicirte Rechnung erhalten würde.

Um diese Schwierigkeiten zu überwinden hat Listing dem wirklichen Auge ein schematisches substituirt, an dem man die Rechnung ausführt. Dies schematische Auge erhält er folgendermassen. Er nimmt vorn eine sphärische Oberfläche an, welche den Krümmungshalbmesser mit dem Corneascheitel gemein hat. Da die Hornhaut nahezu wie ein in eine concave Form gedrücktes Planglas wirkt, so vernachlässigt er ihre Substanz ganz und nimmt an, dass hinter dieser brechenden Fläche ein Medium von dem Brechungsindex des Humor aqueus gelagert sei. In dem Abstande des vorderen Poles der Linse vom Corneascheitel nimmt er eine zweite, sphärische, brechende Fläche an, deren Krümmungshalbmesser dem des vorderen Poles der Linse entspricht, und am Orte der hinteren Linsenoberfläche nimmt er eine sphärische Fläche an, deren Krümmungshalbmesser dem des hinteren Poles der Linse entspricht. Darauf folgt ein Medium von der Dichtigkeit des Glaskörpers. Das Normalauge ist im Zustande der Ruhe für die unendliche Ferne eingestellt; Listing muss also seine hintere Brennpunktsebene in der Ebene der Retina annehmen. Er muss aber schliesslich durch seine Rechnung herausbringen, dass die Strahlen, welche parallel unter sich einfallen, sich in dieser hinteren Brennpunktsebene vereinigen. Das kann er nur, indem er, wenn er dem Glaskörper seinen wirklichen Brechungsindex zuschreibt, der Linse einen höheren Brechungsindex gibt, als selbst ihr Kern hat. Auf Grundlage dieser Voraussetzungen fand Listing den vorderen Brennpunkt etwa einen halben Augendurchmesser vor dem Corneascheitel. Er fand die Hauptpunkte wenige Zehntheile eines Millimeters von einander entfernt im Humor aqueus. Er fand endlich die Knotenpunkte gleichfalls nur wenige Zehntheile eines Millimeters von einander entfernt in der Linse und zwar nahe dem hinteren Pole derselben. Wir haben uns diese Punkte auf eine Linie aufgetragen, von der wir uns denken, dass die optischen Medien des Auges um diese Linie als Axe centrirt seien, und die wir deshalb die Augenaxe nennen. Wir werden später sehen, dass im strengen Sinne des Wortes diese Linie nicht existirt, weil das menschliche Auge thatsächlich nicht richtig centrirt ist. Diese Linie nun, die nur näherungsweise Richtigkeit beansprucht, fällt auch nicht genau zusammen mit der Gesichtslinie, das heisst mit der geraden Linie, welche den fixirten Punkt mit dem Centrum der Fovea centralis retinae verbindet. Die Gesichtslinie weicht nämlich gegen die Nasenseite hin um einen bei manchen Augen grösseren, bei andern geringeren Winkel von dieser Axe ab.

Es handelt sich also nun darum, ob diese so auf der Augenaxe gefundenen Punkte der Wirklichkeit entsprechen, ob man sie benützen kann, um Netzhautbilder zu construiren. Ueber die hintere Brennpunktsebene ist kein Zweifel, da, wo es sich eben um das Normalauge handelt. Theoretische Betrachtungen lehren ausserdem, dass die Veränderungen, welche Listing an seinem schematischen Auge vorgenommen, kaum einen wesentlichen Einfluss auf die Lage des vorderen Brennpunktes ausüben. Es ist ferner auch nach dem ganzen Baue des Auges und nach

den Brechungsindices, die darin vorkommen, zu erwarten, dass in der That die beiden Knotenpunkte und die beiden Hauptpunkte, jeder nur um ein Geringes von einander entfernt sein werden. Aber was sichergestellt werden muss, das ist die Lage der Knotenpunkte, weil diese uns immer als Anhaltspunkte dienen bei der Construction der Netzhautbilder. Es handelt sich darum, liegen die Knotenpunkte wirklich nahe dem hinteren Pole der Linse? Dies ist nun durch einen Versuch von Volkmann sicher gestellt worden. Wenn man bei jugendlichen, schwachpigmentirten Individuen das Auge stärker nach aussen wenden lässt, und bringt dann in einem dunklen Zimmer eine Kerzenflamme nach der Schläfenseite hin, so rückt, wenn man diese von der Gesichtslinie immer weiter entfernt, das Netzhautbild natürlich entsprechend immer weiter nach vorwärts, und wenn das Auge stark nach aussen gewendet ist, kommt das Netzhautbild endlich in der Lidspalte zum Vorschein, indem es durch die schwach pigmentirte Chorioidea und durch die Sclerotica hindurchscheint. Wenn man diesen Versuch macht, so hat man folgende Stücke. Erstens die Gesichtslinie, in der man den Punkt hat, der fixirt wird und ausserdem den Drehpunkt des Auges oder Mittelpunkt des Auges, was man hier als gleichbedeutend ansehen kann. Man hat zweitens den Ort der Kerzenflamme: diesen hat man willkürlich gewählt. Man hat ferner den Ort des Netzhautbildes als Gegenstand directer Beobachtung. Verbindet man Bild und Object mit einander durch eine gerade Linie, so findet man den Punkt, an dem diese Gerade die Gesichtslinie schneidet. Dieser Punkt aber muss zwischen den beiden Knotenpunkten des Auges liegen, er muss also den Ort der Knotenpunkte angeben. Dieser Versuch von Volkmann hat in der That gezeigt, dass Listing den Ort der Knotenpunkte richtig bestimmt hat. Listing hat seine Untersuchungen zuerst in den Göttinger Studien publicirt, dann hat er sie später noch einmal ausführlich und mit den ganzen dazu gehörigen Rechnungen, die jetzt die Grundlage aller dioptrischen Rechnungen sind, die sich auf das menschliche Auge beziehen, in dem Artikel Dioptrik des Auges in Rudolf Wagner's Handwörterbuch der Physiologie niedergelegt.

Wenn wir also die Grösse des Netzhautbildes von einem Objecte bestimmen wollen, so ziehen wir von dessen Endpunkten nach dem vorderen Knotenpunkte gerade Linien, und mit diesen parallel ziehen wir gerade Linien vom hinteren Knotenpunkt zur Netzhaut, dann erhalten wir das Netzhautbild in seiner umgekehrten Lage und in seiner Grösse. Es verhält sich also jeder Durchmesser des Netzhautbildes zu dem entsprechenden des Objectes, wie sich verhält die Entfernung des Netzhautbildes vom hinteren Knotenpunkte zur Entfernung des Objectes vom vorderen Knotenpunkte. Das ist der Satz, auf dem die ganze malerische Perspective beruht.

Da nun diese beiden Knotenpunkte nur sehr wenig von einander entfernt liegen, so kann man für eine Menge praktischer Fragen ihre Entfernung von einander vernachlässigen und sie als in einen Punkt zusammenfallend ansehen. Diesen Punkt bezeichnet man mit dem Namen des Kreuzungspunktes der Sehstrahlen, weil man ihn als Durchschnittspunkt erhält, wenn man zwei oder mehrere Punkte des Objectes mit correspondirenden Punkten des Bildes durch gerade Linien verbindet.

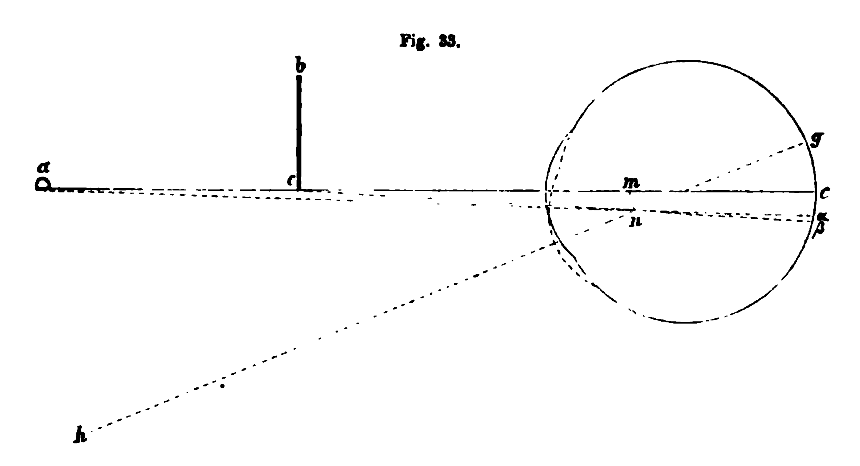
Scheinbare Grösse.

Es fragt sich nun: Was ist die scheinbare Grösse, Magnitudo apparens, der Gesichtsobjecte? Die scheinbare Grösse wächst natürlich mit dem Netzhautbilde. Je grösser das Netzhautbild wird, um so grösser erscheint uns ein Gegenstand. Die Grösse des Netzhautbildes ist aber abhängig von der Entfernung desselben vom hinteren Knotenpunkte und von der Grösse des Winkels, den ich erhalte, wenn ich von gegenüberliegenden Endpunkten des Bildes gerade Linien zum hinteren Knotenpunkte ziehe: dieser Winkel ist aber kein anderer als der Winkel, welchen ich erhalte, wenn ich von den entsprechenden gegenüberliegenden Punkten des Objectes gerade Linien zum vorderen Knotenpunkte hinziehe. Da nun beim Sehen mit unbewaffnetem Auge die Knotenpunkte nur wenig ihren Ort verändern — sie verändern ihren Ort bei der Accommodation, aber in verhältnissmässig engen Grenzen — so ist im Grossen und Ganzen die scheinbare Grösse von diesem Winkel abhängig, welchen man mit dem Namen des Sehwinkels bezeichnet.

Nun ist aber die Grösse des Netzhautbildes nicht das einzige Mittel, wonach wir die Grösse der Gegenstände beurtheilen. Wir begnügen uns damit nur bei kleinen Gegenständen, die wir mit einem Blicke übersehen. Wenn wir es aber mit grösseren Gegenständen zu thun haben, so durchmessen wir sie mit unsern Augen in ähnlicher Weise, wie der Astronom die Grössen am Himmel mit seinem Fernrohre durchmisst und ihre Abstände nach den Lagen bestimmt, die er demselben geben muss um ein Object nach dem anderen einzustellen. Hiebei dreht sich das Auge, indem es aus der Fixation des einen Endes des Gegenstandes in die des andern Endes des Gegenstandes übergeht, um eine Axe, und bei einer anderen Bewegung wieder um eine andere Axe. Alle diese Axen schneiden sich zwar nicht genau aber näherungsweise in einem Punkte, und diesen nennen wir den Drehpunkt. Der Drehpunkt ist also derjenige Punkt im Auge, den man sich bei den verschiedenen Bewegungen desselben als ruhend zu denken hat. Dieser aber fällt weder mit dem vorderen noch mit dem hinteren Knotenpunkte zusammen. Die scheinbare Grösse, der Winkel, den ich bei diesem Durchmessen erhalte, stimmt somit nicht genau mit dem überein, was ich früher als Gesichtswinkel bezeichnet habe. So lange die Objecte sehr klein sind, so lange ich es nur mit Punkten zu thun habe, die dem Fixationspunkte ganz nahe liegen, so lange wird diese Differenz nicht merklich; je mehr ich aber grössere Augenbewegungen mache, um so mehr wird dieser Unterschied merklich, und das ist mit ein wesentlicher Grund für die mangelhafte Orientirung, welche wir im indirecten Sehen haben. Wir finden uns im indirecten Sehen nicht so zurecht, wie im directen Sehen, wo unsere Ortsbestimmungen, welche wir auf beide Arten, aus den Dimensionen unseres Netzhautbildes und aus den Augenbewegungen, erschliessen. noch gut mit einander übereinstimmen. Dass der Drehpunkt des Auges wirklich hinter den Knotenpunkten liegt, davon kann man sich durch einen einfachen Versuch überzeugen. Denken Sie sich, ich hätte ein Object (Fig. 33 *a*) und ich verdecke es, während ich es fixire, vollständig durch einen vorgeschobenen Schirm *b c* und wende jetzt mein Auge so, dass die Gesichtslinie von dem Rande des Schirmes, also auch

vom Objecte abgewendet wird, die Lage von *h g* annimmt; so kommt das Object hinter dem Rande des Schirmes wieder zum Vorschein. Wie geht das zu? Das rührt daher, dass ich mit der Gesichtslinie auch die Knotenpunkte bewegt habe, und dass sie einen Kreisbogen *m n* beschrieben haben. Das Object *a* wird jetzt im indirecten Sehen gesehen, und wenn ich sein Netzhautbild finden will, so muss ich eine gerade Linie durch den sogenannten Kreuzungspunkt der Sehstrahlen *n* ziehen, dann finde ich das Bild in *α*. Will ich das Bild des Schirmrandes *c* finden, so muss ich von diesem wieder eine gerade Linie durch *n* ziehen und finde dasselbe in *β*. Da nun *α* dem Centrum retinae *c* näher liegt als *β*, so kann *a* nicht mehr von *b c* verdeckt werden.

Fig. 33.



Auf alle Fälle aber ist die scheinbare Grösse, mag ich sie bestimmen aus dem Netzhautbilde oder aus den Augenbewegungen, ein Winkelwerth, und sie kann nicht im Linearmasse ausgedrückt werden und auch nicht durch Vergleichung mit andern Dingen, die mit Linearmass gemessen werden.

Es ist gar nicht selten, dass man Laien miteinander streiten hört, wie gross man den Mond sehe. Der eine sagt, er sehe den Mond so gross wie einen Fassboden, der andere sagt, er sehe ihn so gross wie einen Teller, der dritte sagt, er sehe ihn so gross wie einen Silbersechser. Die Drei können sich natürlich nicht miteinander einigen, aber sie haben alle drei Recht. Denn es handelt sich nur darum, wie weit ich mir den Fassboden, den Teller oder den Silbersechser vom Auge entfernt vorstelle, um einen Winkelwerth herauszubringen, welcher gleich ist demjenigen der scheinbaren Grösse des Mondes.

Ich muss hiebei bemerken, dass die Entfernung, in welcher wir derartig entfernte Körper, wie den Mond, sehen, bei weitem unterschätzt wird, und dass wir meist geneigt sind, das Bild des Mondes mit dem von verhältnissmässig grossen terrestrischen Dingen zu vergleichen, die wir uns unbewusst mehr oder weniger entfernt vom Auge vorstellen. Helmholtz bemerkt, dass auf dem blinden Flecke der Netzhaut, also auf der Eintrittsstelle des Sehnerven, elf Vollmonde nebeneinander Platz haben.

Eine nur theilweise erklärte Thatsache ist es, dass der Mond am Horizont uns immer grösser erscheint, als wenn er höher am Himmel steht. Natürlich kann dies nur daher rühren, dass wir die Entfernung des Mondes grösser schätzen, wenn er sich am Horizont befindet, als wenn er hoch am Himmel steht. Es fragt sich aber, wie das zu erklären sei. Man sagt, dass es davon herrühre, dass in dem unteren Theile der Atmosphäre mehr Dünste seien, und es einem vermöge der stärkeren Wirkung der Luftperspective vorkomme, als ob der Mond entfernter sei. Es reicht aber diese Erklärung nicht ganz aus, denn bei terrestrischen Gegenständen unterliegt man ähnlichen Täuschungen. In meiner Heimath befand sich eine sehr hohe Stange, auf welche alljährlich ein Holzvogel gesteckt wurde, um darnach zu schiessen. Wenn dies geschehen sollte, wurde sie horizontal gelegt, und ich erinnere mich, dass mir der Vogel immer kleiner erschien, wenn sie aufgerichtet war, als ich ihn vorher vom Fussende der Stange aus gesehen hatte. Es scheint, dass man auch mitberücksichtigen muss, dass uns der Boden und die Gegenstände, die sich auf dem Boden befinden, einen Anhaltspunkt für die Schätzung der Entfernung geben, und dass man die Entfernung da unterschätzt, wo einem solche Anhaltspunkte nicht mehr zu Gebote stehen.

Dass die scheinbare Grösse ein Winkelwerth ist, das wird auch manchmal bei der Angabe der Vergrösserungen des Mikroskops vergessen. Man glaubt genug zu thun, wenn man sagt dieses Linsensystem vergrössert mit dem und dem Oculare fünfhundertmal. Das hat aber nur einen Sinn, wenn man eine bestimmte Entfernung zu Grunde legt, in welcher man sich das Object vor dem Auge vorstellt. Wenn ich sage: Der Gegenstand erscheint mir fünfhundertmal vergrössert; so hat das an und für sich keinen Sinn. Wenn ich aber sage, der Gegenstand erscheint mir unter dem Mikroskope fünfhundertmal so gross, als mir derselbe Gegenstand erscheinen würde, wenn er sich vor dem freien Auge und acht Pariser Zoll vom Corneascheitel entfernt befinden würde, so hat dies allerdings einen Sinn.

Hiemit hängt es zusammen, dass auch bei Zeichnungen bisweilen die Vergrösserung, in welcher die Zeichnung den Gegenstand darstellt, ganz incorrect angegeben wird. Der Mikroskopiker zeichnet seinen Gegenstand aus dem Mikroskop, „so wie er ihn sieht“, wie er sich wohl ausdrückt. Dann nimmt er die Tabelle, die ihm der Optiker über die Vergrösserung mitgegeben hat, und sieht, bei welcher Vergrösserung er gezeichnet. Diese schreibt er als Vergrösserung seines Bildes dazu. Dabei findet man nun manchmal die gröbsten Incongruenzen, wenn man die Vergrösserung wirklich in correcter Weise bestimmt, das heisst, wenn man einen bekannten Gegenstand in der Abbildung z. B. ein Blutkörperchen durchmisst und dieses Maass mit der reellen Grösse des Blutkörperchens vergleicht. Man soll deshalb die Vergrösserung von Zeichnungen, wenn man sie überhaupt angibt, immer so angeben, dass man das Object mikrometrisch unter dem Mikroskope durchmisst, und dann die Zeichnung misst. Die zuletzt gefundene Grösse dividirt man durch die zuerst gefundene: der Quotient ist dann die Zahl, mit welcher man die Vergrösserung bezeichnen muss.

Wenn man für gewöhnlich nach dem Augenmaasse die Durchmesser von Dingen angibt, so gibt man sie nicht in scheinbarer, sondern in wirklicher Grösse an, man gibt sie in linearem Maasse an. Man fällt ein Urtheil über die wirkliche Grösse, indem man einen unbewussten Schluss zieht aus der scheinbaren Grösse und aus der Entfernung, welche man dem Gegenstande zuschreibt. Dieser Schluss ist, wie gesagt, unbewusst: derjenige, der schätzt, gibt sich keine Rechenschaft über die Entfernung des Gegenstandes und noch weniger über die scheinbare Grösse desselben. Wenn man einen Förster fragt: Wie dick ist der Baum, der da steht? so sagt er mit ziemlicher Genauigkeit: Er hat so und so viel im Durchmesser. Fragt man aber den erfahrensten Förster, wie gross der Sehwinkel sei, unter dem er diesen Baumstamm sieht, so wird er nicht im Stande sein, darüber auch nur die geringste Auskunft zu geben. Hiemit hängt es zusammen, dass auch die wirkliche Grösse der Dinge überschätzt oder unterschätzt wird, je nachdem man die Entfernung, in welcher sich die Gegenstände befinden, überschätzt oder unterschätzt. Nordländer, die in den Alpen reisen, unterschätzen anfangs alle Entfernungen. Es hängt das mit der grösseren Durchsichtigkeit der Luft zusammen. Man kann nicht selten bemerken, dass sie mit der Grösse der Entfernung auch im hohen Grade die Dimensionen der Gegenstände unterschätzen. Ich habe einmal an einem unserer Gebirgsseen zwei Reisende darüber streiten hören, was denn der rothe Fleck am andern Ufer des Sees sei. Der Eine meinte es sei ein rothes Tuch. Der Andere meinte, es sei ein Zeichen von roth angestrichenen Brettern, das sich die Fischer gemacht hätten. In Wahrheit aber war dieser rothe Fleck nichts anderes als ein Lager von rothem Gestein mit einem quadratischen zu Tage liegenden Querschnitte, der vielleicht das Zwanzigfache von dem Areale hatte, welches ihm der Reisende zuschrieb, indem er es mit einem rothen Tuche verglich.

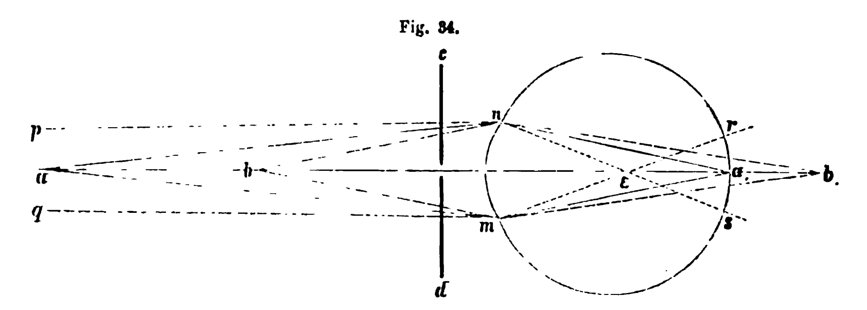
Sehweite und Accommodation.

Wir haben jetzt das Auge immer so betrachtet, als ob es für die unendliche Ferne eingestellt wäre, denn wir haben die hintere Brennpunktsebene in die Netzhaut selbst verlegt. Da wir nun aber nähere Gegenstände willkürlich deutlich sehen und dann wieder deutlich fernere Gegenstände, so ist es klar, dass wir unser Auge für verschiedene Entfernungen einstellen können. Es fragt sich nun zunächst, ist das Auge im Zustande der Ruhe für den fernsten Punkt eingestellt, für welchen es sich überhaupt einstellen kann, oder für einen nähern?

Was geschieht, wenn ein Gegenstand dem Auge so nahe gerückt wird, dass die Strahlen nicht mehr auf der Netzhaut, sondern hinter der Netzhaut zur Vereinigung kommen, wie z. B. die Strahlen, welche in Fig. 34 von *b* ausgehen und sich in *b*, vereinigen, wenn die Strahlen, die von *a* ausgehen sich in *a*, auf der Netzhaut vereinigen? Hier geht die Netzhaut durch einen Lichtkegel und der Durchschnitt dieses Lichtkegels wird auf der Netzhaut als eine Scheibe erscheinen. Diese bezeichnen wir mit dem Namen des Zerstreuungskreises. Wenn wir eine Menge von Punkten haben, so werden die Zerstreuungskreise theilweise einander decken und dadurch das Sehen undeutlich machen. Legen

wir vor das Auge einen Schirm *c d*, in dem sich eine kleine Oeffnung befindet, so kann von dem ganzen Strahlenkegel, der von *b* ausgeht, nur ein sehr dünnes Strahlenbündel hindurchtreten, und dieses wird auch

Fig. 34.



nur einen sehr kleinen Zerstreuungskreis geben können. Wir werden daher Gegenstände, die unserem Auge zu nahe sind, als dass wir sie deutlich sehen könnten, wenn sie anders gut beleuchtet sind, noch deutlich sehen, dadurch dass wir sie durch eine kleine Oeffnung betrachten.

Dasselbe ist der Fall, wenn der Gegenstand zu fern für das Auge liegt. Wenn z. B. ein Kurzsichtiger auf die Gegenstände der Landschaft sieht, so vereinigen sich die Strahlen vor der Netzhaut, wie die Strahlen *p n* und *q m* in Fig. 34 sich in ε vereinigen: sie divergiren hierauf, man erhält auf der Netzhaut einen Durchschnitt (*r s*) des divergirenden Lichtkegels, also wieder einen Zerstreuungskreis. Auch diesen kann man durch eine sehr kleine Oeffnung auf ein Minimum reduciren. Ich kann deshalb einem Kurzsichtigen die Landschaft auch ohne Brille, wenn sie nur gut beleuchtet ist, deutlich zeigen, dadurch, dass ich durch eine Visitenkarte mit einer Nadel ein Loch steche und ihn dieses vor das Auge bringen lasse.

Denken Sie sich, ich hätte statt der einen Oeffnung, welche sich im Schirme befindet, zwei solche, die so nahe bei einander liegen, dass die Strahlenbündel, welche durch beide hindurchgehen, gleichzeitig durch die Pupille ins Auge gelangen können. Ich hätte nun einen Gegenstand, der so weit vom Auge entfernt ist, dass alle Strahlen, welche von ihm ins Auge gelangen, auf der Netzhaut zur Vereinigung kommen. Dann werden auch die beiden Strahlenbündel, welche durch die beiden Löcher hindurchgehen, auf der Netzhaut zur Vereinigung kommen, ich werde also von diesem Gegenstande ein Bild haben. Denkt man sich aber, die Ebene der Netzhaut läge vor dem Vereinigungspunkte der Strahlen, so würde ich den Gegenstand nicht einfach sondern doppelt sehen, denn ich würde zwei Bilder von jedem seiner Punkte haben, wovon das eine dem einen, das andere dem anderen Loche angehörte. Das würde also geschehen, wenn ich einen Gegenstand in einer Entfernung diesseits des deutlichen Sehens hätte. Ich denke mir nun, ich hätte einen Gegenstand in einer Entfernung jenseits des deutlichen Sehens. Es sei das beobachtende Auge ein kurzsichtiges, und ich hätte einen Gegenstand in eine grössere Entfernung gebracht, so dass die Netzhaut hinter dem Kreuzungspunkte der Strahlen liegt. Dann werden diese beiden Strahlenbündel sich vor der Netzhaut schneiden, und wenn sie dieselbe treffen,

schon divergiren. Ich werde also von dem einen Gegenstande wiederum zwei Bilder haben. Dieser Versuch ist unter dem Namen des Scheiner'schen Versuches bekannt. Er bietet uns ein Hülfsmittel dar, um zu finden, für welche Entfernung ein Auge eingestellt ist. Ich stelle einen solchen Schirm mit zwei Oeffnungen auf und sehe durch dieselben nach einem kleinen gut beleuchteten Gegenstande und nähere und entferne ihn so lange, bis die beiden Bilder vollständig in eines zusammenfallen. Auf diesen Scheiner'schen Versuch begründete schon Young ein Optometer, ein Instrument, um praktisch die Sehweite jedes Auges zu bestimmen. Derartige Optometer werden heutzutage wenig mehr gebraucht, weil wenigstens die Augenärzte bessere Hülfsmittel haben, um sich von der Sehweite eines Individuums zu überzeugen. In Wien ist das Young'sche Optometer bei den Optikern da, wo es sich noch findet, in einer Form in Gebrauch, die ihm Stampfer gegeben hat. Es sind an demselben statt der beiden Löcher zwei parallele Spalten vorhanden, und durch diese wird nach einem dritten gleichgerichteten Spalt gesehen, der vor einem matten Glase aufgestellt ist, damit man ihn leichter gleichmässig beleuchten kann, und damit er weniger Veranlassung zu Beugungserscheinungen gibt. Dieser Spalt kann mittels eines Getriebes entfernt und genähert werden, indem er in einer Röhre angebracht ist, die sich in einer anderen verschiebt, welche an ihrem vorderen Ende die beiden erstgenannten Spalten trägt. Damit man nun aber schon innerhalb einer endlichen Entfernung den Fernpunkt jedes Auges erhält, das heisst den fernsten Punkt, für den es sich einstellen kann, so ist hinter der Doppelspalte eine Sammellinse angebracht, durch welche jedes Auge, das hindurchsieht, in Rücksicht auf den dritten Spalt in ein kurzsichtiges verwandelt wird. Auf der inneren Röhre selbst ist bei den Theilstrichen die Brennweite der Brillengläser angegeben, welche man dem zu geben hat, der für den bezüglichen Theilstrich einstellt.

Den Scheiner'schen Versuch nun hat Volkmann benützt, um nachzuweisen, dass das menschliche Auge im Zustande der Ruhe für seinen Fernpunkt eingestellt ist. Er stellte ihn so an, dass er durch zwei Oeffnungen auf einen weissen Faden sah, welchen er über einem dunkeln Grunde so aufgespannt hatte, dass sich derselbe perspectivisch sehr stark verkürzte. Von diesem Faden musste er einen Theil einfach sehen, den Theil, der in der Entfernung seines deutlichen Sehens lag. Die näheren und entfernteren Partien aber musste er doppelt sehen. Er musste also den Faden als zwei helle Linien sehen, die sich unter einem spitzen Winkel kreuzen. Er fand nun, dass, wenn er das Auge vorher geschlossen hatte und, dasselbe öffnend, durch beide Löcher auf den Faden blickte, er immer die Kreuzungsstelle in einer solchen Entfernung sah, dass er dieselbe nicht willkürlich weiter hinausschieben konnte, wohl aber durch willkürliche Accommodation, durch willkürliches Einstellen seines Auges, weiter heranziehen.

Die Einstellung des Auges für die Nähe muss darin bestehen, dass wir das Auge in der Weise verändern, dass Strahlen, welche im ruhenden Auge erst hinter der Netzhaut zur Vereinigung gekommen wären, auf der Netzhaut zur Vereinigung kommen. Es fragt sich: Auf welche Weise kann dies bewerkstelligt werden? Dies könnte erstens dadurch bewerkstelligt werden, dass der Krümmungshalbmesser des Cornea-

scheitels kleiner wird. Dann müssten gleich nach der ersten Brechung die Strahlen stärker convergiren, sie würden sich also früher vereinigen. Zweitens kann es dadurch geschehen, dass der Krümmungshalbmesser am vorderen oder am hinteren Pole der Linse oder an beiden kleiner wird: denn, da die Linse dichter ist als der Humor aqueus und der Humor vitreus, so würde dies auch eine Verkürzung der Brennweite des Systems nach sich ziehen. Es könnte weiter auch dadurch geschehen, dass die Linse nach vorne rückt, und endlich dadurch, dass die Retina nach hinten ausweicht, und somit in eine Ebene hineingelangt, in welcher sich Strahlen vereinigen, die sich hinter ihr vereinigten, als sie sich in ihrer gewöhnlichen Ruhelage befand.

Wenn man nun diese verschiedenen Hülfsmittel für die Accommodation einzeln durchnimmt, so lehrt zunächst die Erfahrung, dass die Hornhaut ihren Krümmungshalbmesser beim Sehen in die Nähe und in die Ferne durchaus nicht verändert. Das Spiegelbild, welches ein Fenster oder eine Flamme auf der vorderen Fläche der Cornea gibt, ist überaus deutlich: man kann es mit Leichtigkeit mit einem Fernrohre beobachten. Zwei solche Flammenbilder müssten sich einander nähern, wenn der Krümmungshalbmesser der Cornea kleiner würde. Das ist aber durchaus nicht der Fall. Alle Versuche stimmen darin überein, dass die Lage und die Grösse der Flammenbilder unverändert bleibt und mithin die Cornea ihren Krümmungshalbmesser nicht ändert.

Anders verhält es sich mit der Linse. Die Linse gibt zweierlei Spiegelbilder, solche von der vorderen Fläche und solche von der hinteren Fläche. Diese Bilder sind fast gleichzeitig und unabhängig von einander von Kramer und von Helmholtz untersucht worden, und beide haben gefunden, dass zwei Bilder, welche der vorderen Linsenfläche angehören sich beim Sehen in die Nähe einander nähern, beziehungsweise, wenn nur ein Bild beobachtet wird, dass sich dieses eine Bild verkleinert. Die vordere Linsenoberfläche wird also convexer, und die Beobachtung der Bilder von der hinteren Oberfläche zeigt, dass auch diese convexer wird.

Es fragt sich dabei, ob die Linse auch ihren Ort verändert. Um dies zu untersuchen, hat Helmholtz ein eigenes Instrument construirt, das Ophthalmometer, mit welchem er die Entfernung des Scheitels der Cornea vom vorderen und hinteren Pole der Linse bestimmen konnte. Bei diesen Untersuchungen fand er, dass der hintere Pol der Linse seinen Ort nicht verändert, dass aber der vordere Pol etwas nach vorne rückt, dass also die Linse dicker wird.

Auf welche Weise kommt diese Formveränderung der Linse zu Stande? Wir sehen, dass die Accommodation gelähmt wird, wenn die Muskeln des inneren Auges gelähmt werden. Wir sehen erstens, dass die Accommodation bei Oculomotoriuslähmungen aufgehoben ist; da sind aber auch die äusseren Augenmuskeln gelähmt. Dann sehen wir aber auch, dass, wenn wir einem Auge Atropin einträufeln, wodurch nur innere Augenmuskeln gelähmt werden, das Auge dauernd für seinen Fernpunkt eingestellt wird. Wir haben also den Tensor chorioideae und die Muskelfasern der Iris, zunächst den Sphincter pupillae, zu berücksichtigen. Wenn der Tensor chorioideae sich zusammenzieht, so verkleinert er eine Oberfläche, die nach vorn durch die Hornhaut, nach

hinten durch die Chorioidea und die in ihr liegende Retina begrenzt ist. Er muss also die Chorioidea mit der in ihr liegenden Retina um den Glaskörper anspannen, beziehungsweise den Theil der Chorioidea, an den er sich zunächst inserirt, nach vorn ziehen. Die Folge davon ist, da dieser Theil an der Zonula Zinnii befestigt ist, dass auch die Zonula mit nach vorn gezogen wird, und somit die Zonula Zinnii und speciell der Theil, der sich an die Linse ansetzt, der von den Ciliarfortsätzen zur Linse geht, erschlafft wird. Dieser Theil aber hat früher einen peripherischen Zug an der Linse ausgeübt, der jetzt nachlässt, so dass die Linse in eine andere Gleichgewichtsfigur übergeht, dass sie nach vorn und hinten convexer und damit auch dicker wird.

Diese Accommodationstheorie ist in neuerer Zeit durch die Versuche, welche Hensen an Hunden und Katzen und auch an einem Affen angestellt hat, zur vollen Evidenz gebracht worden. Erstens hat er durch directe Reizung der Ciliarnerven die Accommodation hervorgebracht. Zweitens hat er sich auch überzeugt, dass die ausgeschnittene Hundelinse derjenigen Gestalt entsprach, welche sie im Auge hat, wenn das Auge für die Nähe accommodirt ist.

Damit, dass die Accommodation durch diese Formveränderung der Linse hervorgebracht wird, hängt es auch zusammen, dass sie im Alter verloren geht. Die jugendliche Linse ist nachgiebig, verändert ihre Form sehr leicht, die alte Linse aber ist widerstandsfähiger, sie behält deshalb, es mag der Zug der Zonula an ihr ausgeübt werden oder nicht, ihre Form bei oder ändert sie doch nur wenig, und das ist der Zustand, den wir mit dem Namen der Presbyopie, des Gesichtsfehlers der Alten, bezeichnen. Presbyopie ist nicht Weit- oder Uebersichtigkeit, nicht der Gegensatz von Kurzsichtigkeit, denn alte Leute können kurzsichtig sein, und doch presbyopisch, indem ihr Auge ebenso stabil für eine geringe Entfernung eingestellt ist, wie das von Greisen, die in ihrer Jugend Normalaugen gehabt haben, für die unendliche oder doch für eine sehr grosse Entfernung eingestellt ist.

Fragen wir uns weiter, ob auch die Muskeln der Iris bei der Accommodation irgend eine Rolle spielen. Die Iris verengert sich, wie wir früher gesehen haben, etwas bei der Accommodation für die Nähe. Wenn der Sphincter und Dilatator pupillae sich gleichzeitig zusammenziehen, so müssen sie die Iris, wenn sie nicht in einer Ebene liegt, wenn sie einen abgestumpften Kegel bildet, in eine Ebene bringen. Man hat deshalb, indem man der Meinung war, dass die Iris nach vorn kegelförmig oder kuppelförmig ausgebaucht sei, geglaubt, dass durch die gleichzeitige Contraction des Sphincter und Dilatator pupillae ein Druck auf die Linse ausgeübt werde. Dadurch bilde sich an der vorderen Oberfläche der Linse und in der Pupille eine kleine Kuppe. In der That findet man in den Augen von Leichen nicht selten Linsen, an denen eine solche Kuppe zu sehen ist, so dass man glauben könnte, die Linse habe in der That hier oftmals einen Druck auf einer ringförmigen Zone erlitten. Der verstorbene Professor v. Vivenot hat, als er als junger Mann hier im Institute arbeitete, viele Linsen in Gyps abgegossen, und an diesen Gypsabgüssen war auf Querschnitten nicht selten diese kuppenartige Hervorragung an der vorderen Fläche zu sehen. Andererseits muss man sich aber sagen, dass keineswegs immer die Iris nach vorne

vorgebaucht ist, sondern dass sie nur kegelförmig vorgeschoben ist in gewissen Augen und bei bedeutender Verengerung der Pupille, indem dann ihr Rand auf der convexen vorderen Fläche der Linse nach vorn schleift. Zweitens muss man sich sagen, dass bei der Schwäche der Muskeln der Iris und bei dem geringen Werthe der Componente, welche bei der gleichzeitigen Zusammenziehung des Sphincter und des Dilatator pupillae für unseren Druck zur Wirkung kommt, derselbe jedenfalls ein sehr geringer sein muss, so dass man ihm kaum einen irgendwie in Betracht kommenden Einfluss auf die Gestalt der Linse zuschreiben kann.

Helmholtz hat durch Rechnung gezeigt, dass die Gestaltveränderung, die die Linse bei der Accommodation erleidet, hinreicht, um diejenige Accommodation hervorzubringen, welche sich bei dem betreffenden Individuum thatsächlich vorfindet. Es muss aber dennoch die Frage erörtert werden, ob es ausser der Gestalt und Lageveränderung der Linse, noch andere Accommodationsmittel gebe. Die Hornhaut haben wir schon besprochen und haben gesehen, dass wir mit dieser nicht accommodiren. Es bleibt nur noch die Netzhaut übrig. Es fragt sich ob die Netzhaut bei der Accommodation zurückrückt. Hierüber sind die Ansichten verschieden. Alle stimmen darin überein, dass Augen, aus denen die Linse beseitigt worden ist, wie dies bei der Staaroperation geschieht, nicht etwa blos in einer Ebene deutlich sehen, sondern dass sie auch annäherungsweise ebenso deutlich in einer etwas geringeren oder grösseren Entfernung sehen. Die Art, wie dies erklärt wird, ist eine verschiedene. Die einen führen es darauf zurück, dass an und für sich schon nicht alle Strahlen, welche von einem leuchtenden Punkte ausgehen, bei vollkommener Einstellung des Auges wieder in einen Punkt der Netzhaut versammelt werden. Wenn man zugleich in Betracht zieht, dass vermöge der im Auge angebrachten Blendung der Pupille, die Lichtkegel, die auf die Netzhaut stossen, verhältnissmässig kleine Winkel haben, so erhellt, dass nach der einen und der anderen Seite hin der Durchmesser der Zerstreuungskreise anfangs sehr langsam wächst. Die Individuen mögen es deshalb nicht bemerken, ob ein Gegenstand etwas diesseits oder jenseits der Ebene liegt, für welche ihr Auge eingestellt ist. Sie mögen auch etwas diesseits und etwas jenseits dieser Ebene die Gegenstände mit annähernd gleicher Deutlichkeit sehen. Andere dagegen sind der Meinung, dass solche linsenlose Augen wirklich noch eingestellt werden, und zwar dadurch, dass die Retina beim Sehen in die Nähe, wenn auch nur um ein Geringes zurückweicht. Wie kann das geschehen? Das kann man sich theoretisch etwa folgendermassen zurechtlegen. Wir haben gesehen, dass sich die Sclerotica in ihrer Gestalt bald mehr einem Ellipsoid annähert, das durch Umdrehung einer Ellipse um ihre kleine Axe entstanden ist, bald mehr einem Ellipsoid, das durch Umdrehung einer Ellipse um ihre grosse Axe entstanden ist. Im ersten Falle nun kann man sich allerdings denken, wie es zugehen kann, dass die Retina beim Sehen in die Nähe zurückweicht. Denken Sie sich, der Tensor chorioideae spannt sich an, so sucht er dabei eine geschlossene Oberfläche zu verkleinern, die einerseits durch die Cornea gebildet wird und andererseits durch die Chorioidea und die in ihr liegende Retina. Diejenige Gestalt, welche bei gleichem Inhalte die kleinste Oberfläche hat, ist die Kugel. An der Cornea kann dieser

Zug nichts ändern und ändert factisch nichts, das weiss man aus directer Beobachtung. Es wäre aber möglich, dass das Ellipsoid der Sclerotica sich mehr der Kugelform annähert, und dass dadurch die Retina etwas nach hinten zurückweicht. Die Wirkung des Tensor chorioideae könnte noch durch die Wirkung der Augenmuskeln unterstützt werden: denn die geraden Augenmuskeln ziehen, am vorderen Theile der Sclera angeheftet, diesen nach hinten. Die schiefen Augenmuskeln drehen das Auge. Da sie aber am hinteren Theile der Sclera angeheftet sind, und die Insertion des Obliquus inferior und die Trochlea weiter nach vorn liegen, so ziehen sie, wenn sie gleichzeitig wirken, und somit ihre drehenden Componenten einander compensiren, die hintere Hälfte der Sclerotica nach vorn. Wirken also die geraden und schiefen Augenmuskeln zusammen, so muss die Folge davon sein, dass die Scleroticalsphäre sich mehr der Kugelform annähert. Allerdings könnte dies nichts helfen bei den hochgradig kurzsichtigen Augen. In den Fällen von hochgradiger, angeborner Kurzsichtigkeit, wo das Auge eine ungewöhnliche Tiefe hat, und die Sclerotica sich der Gestalt eines Ellipsoids annähert, das durch Umdrehung einer Ellipse um ihre grosse Axe entstanden ist, da müsste das gerade Gegentheil nach derselben Betrachtungsweise stattfinden. Nun weiss man aber andererseits, dass gerade bei diesen Augen sich mit der Zeit der hinterste Theil der Sclerotica kuppelförmig nach hinten ausbaucht, und so der Zustand bedingt wird, welchen man mit dem Namen des Staphyloma posticum bezeichnet. Man weiss weiter, dass durch Accommodationsanstrengungen die Entwickelung dieses sogenannten Staphyloma posticum befördert wird, und das deutet wieder darauf hin, dass möglicher Weise bei der Accommodation in die Nähe die Retina nach hinten auszuweichen sucht. Das sind die Gründe, welche sich für und gegen die Accommodation durch Zurückweichen der Retina anführen lassen. Ich muss hinzufügen, dass Donders nach seiner Erfahrung den Rest von wahrer Accommodation, der so erklärt werden soll, gänzlich leugnet, das heisst, er leugnet, dass das Auge, nachdem die Linse entfernt worden ist, noch willkürlich und wechselnd verschieden entfernte Gegenstände verschieden deutlich sehen könne.

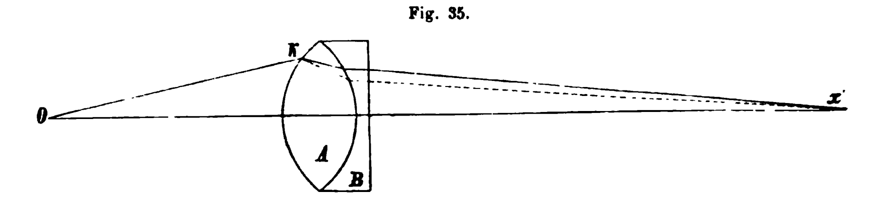
Es fragt sich nun weiter: Gibt es in der That keine Accommodation für die Ferne? Durch den Volkmann'schen Versuch haben sich nicht Alle vollständig befriedigt erklärt. Namentlich Kurzsichtige sagen, dass sie auf kurze Zeit in die Ferne deutlicher sehen können als gewöhnlich, nur müssen sie dabei eine Anstrengung machen, die sie auf die Dauer nicht fortzusetzen vermögen. Wenn man nun beachtet, was die Kurzsichtigen thun, wenn sie in die Ferne sehen wollen, so wird man bemerken, dass sie den Orbicularis palpebrarum zusammenziehen, dabei aber durch den Levator palpebrae superioris die Lidspalte offen erhalten, so dass sie eine verkleinerte Lidspalte haben, und mit dem Orbicularis palpebrarum einen Druck auf die Cornea ausüben. Es scheint, dass sie auf diese Weise durch momentane Abflachung der Cornea, vielleicht auch dadurch, dass sie auf der Oberfläche derselben einen Flüssigkeitsmeniscus zu Stande bringen, ihr Auge für kurze Zeit für eine grössere Entfernung einstellen. Es ist dies aber jedenfalls ein Act, der mit der inneren Accommodation, wie wir sie behufs der Einstellung des Auges für die Nähe kennen gelernt haben, nicht verglichen werden kann.

Mängel des dioptrischen Apparates.

Chromasie.

Bis jetzt haben wir immer angenommen, dass das Auge, wenn es einmal genau eingestellt ist, alle Strahlen, welche von einem deutlich gesehenen Punkte kommen, auch wieder auf einen Punkt der Netzhaut vereinigt. Das erleidet aber bedeutende Einschränkungen. Zunächst werden im Auge, wie überall, die Strahlen von kurzer Wellenlänge stärker gebrochen, als die Strahlen von grösserer Wellenlänge. Letztere werden sich deshalb voraussichtlich später vereinigen. Bei unseren künstlichen, aus Glas gebildeten optischen Instrumenten vermeiden wir diesen Uebelstand dadurch, dass wir eine Sammellinse von Crownglas mit einer Zerstreuungslinse von Flintglas verbinden. Der Brechungsindex von Flintglas ist allerdings höher, als der des Crownglases, aber das Farbenzerstreuungsvermögen des Flintglases ist beinahe doppelt so gross, als das des Crownglases, und dadurch wird es möglich, dass wir zwei solche Linsen zusammensetzen können, die mit einander noch eine Sammellinse bilden, und die doch die rothen und die violetten Strahlen in einer und derselben Entfernung vereinigen. Es geschieht dies dadurch, dass die Zerstreuungslinse von Flintglas, welche eben stark genug ist, die ganze Farbenzerstreuung

Fig. 35.



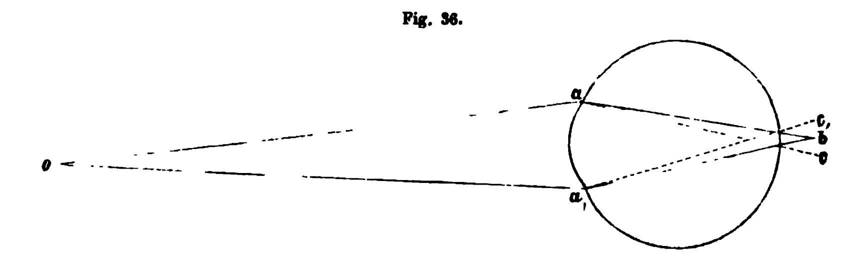
aufzuheben, welche durch die Crownglaslinse bedingt wird, nur einen Theil der gesammten Ablenkung wieder aufhebt, welche die einzelnen Strahlen durch die Crownglaslinse erlitten haben. Es sei Fig. 35 *A* die Crownglaslinse, *B* die Flintglaslinse, *O* der Lichtpunkt und *x'* der Vereinigungspunkt der von diesen ausgehenden Strahlen, so bezeichnet *OK* einen einfallenden Strahl gemischten Lichtes. Der weitere Weg desselben nach der ersten Brechung ist für die Strahlen von der grössten Wellenlänge ausgezogen, für die Strahlen von der kleinsten Wellenlänge punktirt dargestellt. Die Möglichkeit dieser achromatischen Combinationen wurde zuerst von Euler dargethan und von Dollond in London wurden die ersten achromatischen Objective ausgeführt.

Es fragt sich nun: Ist das Auge auch nach diesem oder nach irgend einem anderen Principe achromatisirt und zwar in der That in so vollkommener Weise, dass die brechbarsten und die am wenigsten brechbaren Strahlen sich wirklich in einer und derselben Entfernung hinter der Linse vereinigen? Wir wissen durch die Untersuchungen von Frauenhofer, dass letzteres nicht der Fall ist. Wollaston hatte im Sonnenspectrum eine Reihe dunkler Linien aufgefunden, und mit der Untersuchung dieser

Linien beschäftigte sich später Frauenhofer. Vermöge seiner vortrefflichen optischen Instrumente entdeckte er noch eine grosse Anzahl schwächerer Linien, die der Beobachtung von Wollaston entgangen waren. Alle diese Linien im Spectrum werden jetzt nach Frauenhofer mit dem Namen der Frauenhofer'schen Linien bezeichnet. Bei diesen Arbeiten bemerkte er, dass er sein achromatisches Fernrohr verstellen musste, wenn er die Linien im Roth beobachtet hatte und nun zur Beobachtung der Linien im Gelb, Grün, Blau übergehen wollte. Da er wusste, dass sein Fernrohr achromatisch sei, so schloss er daraus, dass sein Auge nicht achromatisch sein könne, und dies zeigte sich auch in der That. Man kann auch mit anderen Hülfsmitteln, z. B. dadurch, dass man Theilungen mit verschiedenfarbigem Lichte beleuchtet, oder die Theilungen auf verschiedenfarbigen Gläsern einritzt, zeigen, dass das Auge jedesmal weitsichtiger ist für die rothen Strahlen und kurzsichtiger ist für die blauen und violetten; weil eben im Auge die kurzwelligen Strahlen stärker gebrochen werden, als die langwelligen. Man kann auch die Farbenzerstreuung für das Auge sichtbar machen, wenn man ein Netzwerk aus weissen Fäden in einer solchen Entfernung ansieht, dass die Fäden vermöge der gebildeten Zerstreuungskreise nicht mehr scharf gesehen werden; dann findet man die Ränder der Fadenbilder farbig.

Warum sieht man für gewöhnlich von dieser Farbenerscheinung nichts? — Die Zerstreuung ist keine so bedeutende, dass die Farben des Spectrums vollständig von einander getrennt würden. Bei dem eben erwähnten Versuche sieht man nur blaue und gelbrothe oder rothgelbe Säume. Nun sei in Fig. 36 $o\,a$ ein weisser, $a\,b$ ein gelber, $a\,c$ ein blauer

Fig. 36.



Strahl, so würden von der andern Seite gleichfalls zwei Strahlen kommen a, b und $a, c,$. Wenn die Netzhaut zwischen dem Vereinigungspunkte für die violetten Strahlen und dem für die rothen Strahlen liegt, so schneidet sie an einer Stelle durch, an der die langwelligen Strahlen, die von der einen Seite kommen, auf die kurzwelligen fallen, die von der andern Seite kommen, und umgekehrt. Nun ist, wie gesagt, die Farbenzerstreuung zu gering, als dass die Farben vollständig von einander getrennt wären, sie beschränkt sich darauf, dass man auf der einen Seite mehr Gelbroth und auf der andern mehr Blau hat. Fallen also die Strahlen von beiden Seiten her übereinander, so compensiren sich die Farben und heben einander auf. Wenn aber die Retina entweder durch den Vereinigungspunkt der violetten Strahlen oder durch den der rothen fällt, dann ist dies nicht der Fall, und deshalb sehen wir die farbigen Säume an Gegenständen, für welche das Auge nicht eingestellt ist.

Ferner, wenn wir mit einem Gegenstande unsere halbe Pupille verdecken, so sehen wir sofort an weissen Gegenständen, die sich auf dunklem Grunde absetzen, farbige Säume, weil wir nun die Compensation aufheben, indem wir die Strahlen, die durch die eine Hälfte des Auges gehen, abblenden.

Polyopia monophthalmica.

Der Mangel an Achromasie ist nicht die einzige Unvollkommenheit des optischen Apparates des Auges. Bekanntlich gibt es an unseren künstlichen Instrumenten noch eine zweite Unvollkommenheit, welche wir mit dem Namen der sphärischen Aberration bezeichnen. Wenn auf eine Linse mit sphärischen Oberflächen von irgend einem Punkte aus Strahlen fallen, so kommen die Strahlen, welche durch den Randtheil einfallen, früher zur Vereinigung als diejenigen, welche durch die Mitte einfallen. Das hängt folgendermassen zusammen. Wenn ich Strahlen, die von einem Punkte ausgehen, durch eine Brechung unter sich parallel machen will, so brauche ich dazu eine hyperbolische Oberfläche, den Scheitelabschnitt eines Hyperboloids. Will ich diese parallelen Strahlen wieder in einen Punkt vereinigen, so muss ich eine zweite hyperbolische Oberfläche dazu verwenden. Ich vereinige also alle Strahlen, die von einem Punkte ausgehen, wieder in einen Punkt durch eine biconvexe Linse mit hyperbolischen Oberflächen. Nun sehen Sie leicht ein, dass, wenn wir diesen Scheitelabschnitten von Hyperboloiden Kugeloberflächen substituiren, die in den Scheiteln mit ihnen zusammenfallen und Osculationen der höchsten Ordnung mit ihnen haben, diese Kugeloberflächen um so mehr nach innen zu von den hyperbolischen Oberflächen abweichen, je mehr ich mich von der Axe entferne, und folglich fallen die Strahlen, die weiter von der Axe entfernt einfallen, immer schiefer auf, haben einen grösseren Einfallswinkel und werden also stärker abgelenkt, als sie abgelenkt werden müssten, wenn sie sich mit den gegenüber liegenden correspondirenden in demselben Punkte vereinigen sollten, in dem sich zwei der Axe ganz nahe einfallende Strahlen vereinigen. Sie werden sich früher vereinigen.

Speciell auf diese Art der Abweichung, das heisst auf die sphärische Aberration, haben wir im menschlichen Auge nicht zu rechnen, weil im Auge sphärische Oberflächen nicht vorkommen. Daraus folgt aber nicht, dass nicht anderweitige Abweichungen wegen Gestalt der Oberflächen im Auge vorkommen, vielleicht auch solche, die von der Textur der Medien, speciell von der Textur der Linse herrühren. Man kann sich in der That überzeugen, dass selbst Strahlen monochromatischen Lichtes, die von einem leuchtenden Punkte ausgehen, auch wenn derselbe in die Entfernung des deutlichen Sehens gebracht worden ist, dennoch nicht genau in einen Punkt vereinigt werden. Wäre dies der Fall, so müssten solche leuchtende Punkte, dem durch die Pupille kreisförmig begrenzten Strahlenkegel entsprechend, einfach kreisscheibenförmige Zerstreuungskreise geben, wenn sie diesseits und jenseits der Grenzen des deutlichen Sehens gebracht werden. Das ist aber nicht der Fall: sie geben eine grössere Anzahl von sich theilweise deckenden Bildern nebeneinander und übereinander, die man noch einzeln von einander unterscheiden kann. Diese Erschei-

nung bezeichnet man mit dem Namen Polyopia monophthalmica. Sie kann eine physiologische sein, indem sie sich auf das gesunden Augen gemeinsame Maass beschränkt, und eine pathologische, wenn sie dieses überschreitet und ungewöhnliche Gesichtserscheinungen verursacht. Sie hat ihren Grund nicht blos in der Gestalt der Oberflächen, sondern auch in der Textur der Medien, speciell der Linse. Man kann kaum zweifeln, dass diese verschiedenen Bilder mit der Anordnung der Linsenfasern und mit der Eintheilung derselben um verschiedene Axensysteme zusammenhängen.

Astigmatismus.

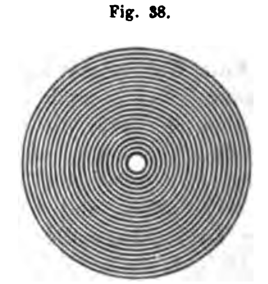
Eine Unregelmässigkeit in der Gestalt der Oberflächen, die den Augenarzt ganz besonders interessirt, ist der sogenannte Astigmatismus. Wir haben bis jetzt die brechenden Oberflächen im Auge als Rotationsoberflächen angesehen, als Oberflächen, die durch Umdrehung einer Curve um ihre Axe entstanden sind. Das sind sie aber im strengen Sinne des Wortes nicht, und speciell ist es die Hornhaut nicht. In der Regel ist der Krümmungshalbmesser der Hornhaut im verticalen Durchschnitt etwas kleiner, als der Krümmungshalbmesser der Hornhaut im horizontalen Durchschnitt. Dies bedingt den sogenannten normalen oder physiologischen Astigmatismus. Indem die vertical divergirenden Strahlen früher zur Vereinigung kommen, als die horizontal divergirenden Strahlen, gibt es keinen einzelnen Punkt, wo das Lichtbündel, welches repräsentirt ist durch den Lichtkegel der convergirenden und durch den darauf gesetzten der divergirenden Strahlen, am dünnsten ist; sondern es gibt eine Strecke, wo es relativ dünn ist, wo also die Zerstreuungskreise sehr wenig wachsen, wenn die Retina etwas nach vorn oder nach hinten zurückweicht. Dies ist, was Sturm mit dem Namen Intervalle focal bezeichnet hat. Sturm wollte aus dem normalen Astigmatismus die ganze Accommodation für verschiedene Sehweiten erklären oder vielmehr hinweg erklären. Er sagte: Das Auge braucht gar keine Accommodation, es ist vermöge dieser Assymmetrie der Oberflächen um die Axe schon von vorneherein so eingerichtet, dass es in verschiedenen Entfernungen deutlich sieht. Es ist hinreichend dargethan, dass zwar das Intervalle focal existirt, aber ausserdem noch eine Accommodation durch Gestaltveränderung der Linse. Das Intervalle focal erklärt einen Theil der Accommodationsbreite, oder richtiger der Breite des deutlichen Sehens, welche übrig bleibt, wenn die Linse aus dem Auge entfernt worden ist. Der Astigmatismus kann anomal sein durch die Richtung, insofern als die Ebene der kürzesten Vereinigungsweite nicht die verticale Ebene, und die Ebene der grössten Vereinigungsweite nicht die horizontale Ebene ist. Er kann aber auch ungewöhnlich sein durch seinen Grad und zwar in solcher Weise, dass dadurch das Sehen wesentlich beeinträchtigt wird.

Der Astigmatismus war schon Thomas Young bekannt, der ihm selbst in bedeutendem Grade unterworfen war. Ebenso der königliche Astronom Airy, der durch Astigmatismus wesentlich am deutlichen Sehen gehindert wurde und ihn deshalb mit einer Cylinderlinse corrigirte. Sie sehen leicht ein, dass, wenn ich eine Convexcylinderlinse so vor das

Auge lege, dass die Axe der Cylinderfläche in der Ebene der kürzesten Vereinigungsweite liegt, ich dadurch die Assymmetrie des Auges compensiren kann. Ich kann machen, dass die horizontal und die vertical divergirenden Strahlen sich in einer und derselben Entfernung vereinigen. Das ist zu thun, wenn das astigmatische Auge weitsichtig ist; ist es aber kurzsichtig, dann werde ich eine Concavcylinderlinse vor das Auge setzen und hiemit den Astigmatismus corrigiren, indem ich nun die Axe der Cylinderfläche in die Ebene der grössten Vereinigungsweite verlege. Ich kann auch, wenn die Cylinderlinse noch nicht

Fig. 37.

Fig. 38.



den Accommodationsfehler in der wünschenswerthen Weise corrigirt, sie noch mit einer sphärischen Sammel- oder Zerstreuungslinse combiniren. Die ausgedehntesten Arbeiten über den Astigmatismus hat Donders gemacht, und seitdem ist auch die Lehre von demselben und die Art und Weise, wie man ihn ermittelt und corrigirt, allgemein in die Augenheilkunde übergegangen. Ein bedeutender Grad von Astigmatismus wird schon merklich, wenn man zwei unter rechtem Winkel gekreuzte Linien dem Auge nähert und wieder entfernt. Man findet dann, dass nicht beide gleichzeitig undeutlich und nicht gleichzeitig deutlich werden. Deutlicher noch tritt der Einfluss der Richtung an Fig. 37 hervor, und noch deutlicher an Fig. 38, weil sich hier grauschimmernde Sectoren bilden, da wo die Kreislinien aufhören scharf begrenzt zu sein.

Wandtafeln zur Untersuchung des Astigmatismus sind von O. Becker angegeben.

Mangelhafte Centrirung.

Der optische Apparat des Auges hat noch einen andern Fehler, er ist nicht richtig centrirt. Wenn ich ein System von optischen Medien habe, welche alle genau um eine Axe centrirt sind, so werden, wenn es nicht achromatisch ist, die Vereinigungspunkte für die verschiedenfarbigen Strahlen, die von einem Punkte der Axe ausgehen, zwar nicht zusammenfallen, aber sie werden alle in der Axe liegen, zuvorderst der für die violetten Strahlen, dann der für die blauen und zuletzt der für die rothen Strahlen. Wenn aber ein solches System nicht richtig centrirt ist, dann werden auch diese Vereinigungspunkte nicht in solcher Weise liegen, sondern das ganze System wird sich wie eine Linse verhalten, an die ein Prisma angesetzt ist. Die Strahlen, die in der Axe der ersten brechen-

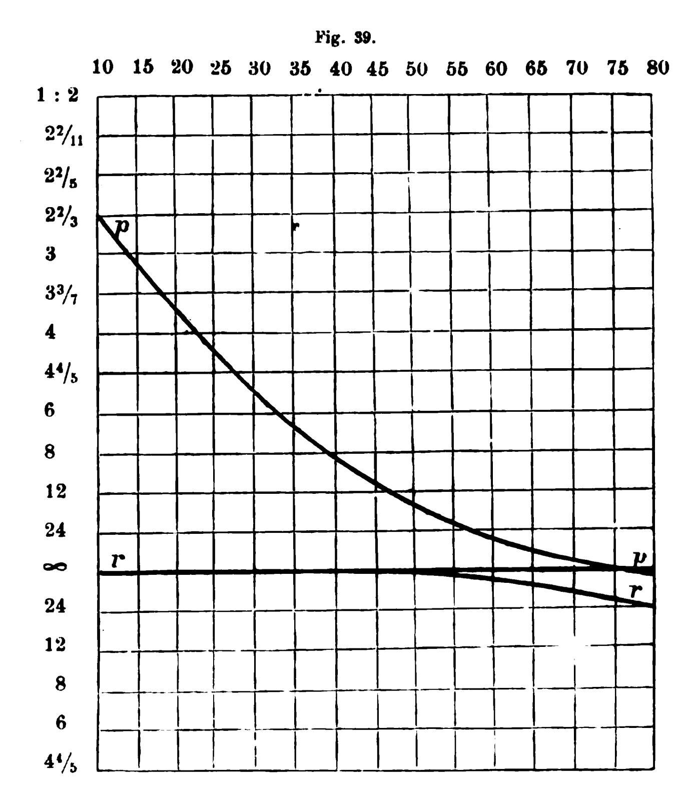
den Fläche eingefallen sind, werden sämmtlich aus derselben abgelenkt werden, und die Bilder von Punkten in der Axe werden ausserhalb der Axe liegen. Da der Brechungsindex der Medien für kurzwellige Strahlen ein grösserer ist als für langwellige Strahlen, so werden auch die kurzwelligen Strahlen mehr abgelenkt werden, und in Folge davon wird die seitliche Ablenkung für die Bilder eine verschiedene sein. Wenn wir nachweisen können, dass sich auch im menschlichen Auge eine ähnliche Erscheinung beobachten lasse, so geht daraus mit Sicherheit hervor, dass das menschliche Auge nicht richtig centrirt ist, wenigstens nicht um die Gesichtslinie, wenn wir die Erscheinung im directen Sehen wahrnehmen. Um nun dies zu beobachten, klebt man ein rothes Papier zwischen zwei blaue und schneidet aus dieser Zusammenstellung schmale Streifen, so dass sich in der Mitte ein rothes Stück und zu beiden Enden ein blaues befindet. Nun hält man einen solchen Streifen in einiger Entfernung gegen einen möglichst dunklen Grund. Es ist klar, dass das rothe Stück etwas verbreitert erscheinen muss, wenn man ihn in eine solche Entfernung bringt, dass das Auge genau für die blauen Stücke eingestellt ist, und umgekehrt, wenn man den Streifen so weit entfernt hält, dass das Auge für das rothe Stück eingestellt ist, die blauen verbreitert erscheinen. Wäre das Auge genau centrirt, dann müssten zwar die Stücke ungleich breit sein, aber in einer Linie liegen, das heisst das breitere Stück müsste nach beiden Seiten symmetrisch über das schmälere hinübergreifen. Dies ist aber nicht der Fall, sondern sie weichen, bei dem einen Auge mehr, bei dem andern weniger, seitlich aus, und zwar sind die Richtungen, in denen sie ausweichen, bei den verschiedenen Augen verschieden. Daraus geht hervor, dass das menschliche Auge nicht um die Gesichtslinie centrirt ist, und wenn man bedenkt, dass die Farbenzerstreuung nur ein Bruchtheil von der ganzen Ablenkung ist, welche die Strahlen erfahren, denn sie ist ja nur die Differenz zwischen der Ablenkung der kurzwelligen und der langwelligen Strahlen; so bemerkt man, dass dieser Mangel an Centrirung bei den meisten Augen keineswegs ein unbedeutender ist.

Refractions- und Accommodationsanomalien.

Wir haben bis jetzt im Allgemeinen von solchen Augen gesprochen, welche im Zustande der Ruhe für die unendliche Ferne eingestellt sind. Diese Augen pflegt man mit dem Namen der emmetropischen oder normalen Augen zu bezeichnen. Normale Augen nennt man diese Augen deshalb, weil sie in der Jugend die vortheilhaftesten und brauchbarsten sind, weil man mit ihnen in der unendlichen Ferne deutlich sehen kann und auch so weit für die Nähe accommodiren, dass man feine Schrift lesen, feine Arbeiten ausführen kann u. s. w. — Wenn man aber das ganze Leben überblickt, so muss man sagen, dass diese Augen keineswegs die vortheilhaftesten sind, welche man haben kann, namentlich nicht für einen Gelehrten, und nicht für Jemanden, der auf feine, im Kleinen auszuführende Arbeiten angewiesen ist. Diese Augen werden bereits im mittleren Lebensalter dadurch, dass sie ihr Accommodationsvermögen verlieren, für die Nähe unbrauchbar. Man blicke auf umstehende Tafel, welche die Sehweite des emmetropischen Auges in den verschiedenen Lebensaltern nach Donders darstellt. Oben stehen die Lebensjahre,

links die Entfernungen, *p p* ist die Linie, welche den Veränderungen des Nahepunktes in den verschiedenen Lebensaltern folgt, *r r* die Linie für den Fernpunkt. Das Auge kann im zehnten Lebensjahre bis auf eine Entfernung von $2\frac{2}{3}$ Zoll accommodiren. Die Accommodation des Kindes ist demnach eine ausserordentliche. In späteren Jahren aber

Fig. 39.



nimmt dieses Accommodationsvermögen rasch ab. Schon mit 23 Jahren accommodirt das Normalauge nur noch auf 4 Zoll, mit 40 Jahren nur noch auf 8 Zoll, und vor Anfang der fünziger Jahre weicht der Nahepunkt auf 12 Zoll zurück, also auf eine Entfernung, in der man schon recht feine Arbeiten nicht mehr gut vornehmen kann und feine Schrift nur noch mit Anstrengung liest. Für diese Entfernung wird jetzt schon die ganze Accommodationsanstrengung, die man nur für kurze Zeit erträgt, gebraucht, während der Jüngling für diese Entfernung noch mit einem Bruchtheile seiner Accommodation ausreichte. Es muss bemerkt werden, dass dies noch keineswegs die ungünstigsten Fälle sind, bei denen das Normalauge gegen Ende der vierziger Jahre seinen Nahepunkt 12 Zoll entfernt hat; es kommt vor, dass die Accommodation noch rascher verloren geht, und der Nahepunkt in diesem Alter schon bis nahe auf 24 Zoll hinausgerückt ist. Mit 60 Jahren ist er laut der beistehenden Tabelle normal auf 24 Zoll hinausgerückt, eine Entfernung, in der man nur noch grosse Schrift lesen kann, und in der es ganz unmöglich ist,

feinere Arbeiten auszuführen. Später rückt er hinaus bis in die unendliche Ferne und kann im hohen Alter bis über die unendliche Ferne hinausgerückt sein, das heisst das Auge bringt dann häufig nur noch schwach convergirende Strahlen zur Vereinigung.

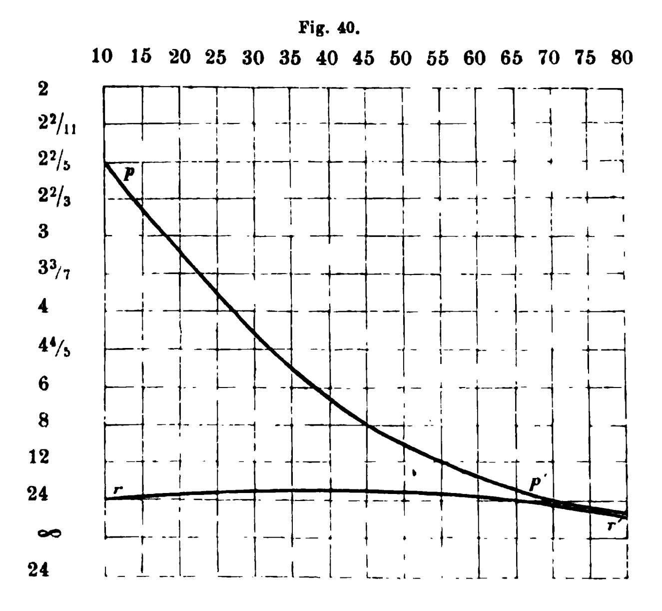
Um das fünfzigste Jahr herum oder früher wird ein solches normales Auge einer Brille bedürfen. Es bedarf natürlich einer Convexlinse, die die Strahlen weniger divergirend macht, so dass Strahlen, die sonst erst hinter der Netzhaut zur Vereinigung gekommen wären, nun in derselben zur Vereinigung kommen.

Eine andere Frage ist es, wie früh soll man einem solchen Presbyopischen eine Brille geben. Dies soll man dann thun, wenn er findet, dass er nicht mehr wie sonst dauernd und ohne Anstrengung ohne Brille lesen kann. Bei den Laien herrscht ein Vorurtheil gegen die Brillen. Sie sagen, wenn sie einmal eine Brille nähmen, so müssten sie dann zu immer stärkeren übergehen. Sie wollten ihr Auge nicht verwöhnen u. s. w. Dass die Betreffenden eine immer stärkere Brille nehmen müssen, ist richtig: das rührt aber nicht von der Brille her, sondern davon, dass die Leute immer älter werden. Durch den Gebrauch der Brille wird man der unnützen Anstrengungen, die man behufs Accommodation zu machen genöthigt ist, überhoben, schon hierin liegt ein Vortheil und überdies braucht man nicht mehr die Objecte in so grosser Entfernung vom Auge zu halten, erhält dadurch, und durch die Wirkung, welche das Brillenglas selbst auf die Lage des hinteren Knotenpunktes ausübt, grössere Netzhautbilder und erzielt somit einen Gewinn, dem gegenüber man sich den Lichtverlust durch die zweimalige Reflexion am Brillenglase gefallen lassen kann. Nicht selten kommt es vor, dass solche Presbyopische, die längere Zeit gewöhnt waren, in grösserer Entfernung zu lesen, wenn sie eine Brille bekommen und die Objecte dem Auge nun näher halten als früher, sich beklagen, dass die Brille sie anstrenge, dass sie Schmerzen in der Supraorbitalgegend, Schwindel bekommen, dass sie schliesslich doppelt sehen u. s. w. Das rührt davon her, dass sie gewohnt waren, Alles in grösserer Entfernung zu betrachten und daher sich entwöhnten, ihre Gesichtslinien stärker convergiren zu lassen. Jetzt, wo sie wieder stärker convergiren sollen, macht ihnen die Contraction der Recti interni Anstrengung, verursacht ihnen Ermüdung und die oben erwähnten Beschwerden. Diesem kann man dadurch, dass man die Brillen nicht centrirt, abhelfen. Wenn man vor jedes Auge ein Prisma von kleinem Winkel legt, so dass die brechenden Kanten der Prismen nach der Schläfenseite gewendet sind, also die dicken Seiten der Prismen nach der Nasenseite, so ist es klar, dass die Strahlen, die zu den beiden Augen von einem näheren Punkte kommen, durch die Prismen so abgelenkt werden, als wenn sie zu den Augen von einem entfernteren Punkte kämen. Wenn ich mir also diese Prismen mit Sammellinsen vereinigt denke, so kann ich mit einer Convergenz der Sehaxen, die sonst nur für fernere Objecte geeignet ist, nähere Objecte einfach sehen. Eine solche Vereinigung eines Prismas mit einer Linse ist sehr leicht herzustellen. Man braucht nur ein Glasstück convex schleifen zu lassen, gross genug, um zwei Brillengläser daraus zu machen, dieses in der Mitte durchzuschneiden und jede der beiden Hälften in Form eines Brillenglases abzurunden. Dann erhält man zwei prismatische

Convexgläser. Ich brauche es auch nicht gerade so zu machen. Wenn ich den Winkel des Prismas bei gleicher Brennweite der Linse kleiner haben will, kann ich die Brillengläser etwas grösser schleifen, als ich sie anwenden will, und aus diesen etwas grösser geschliffenen Brillengläsern nicht das mittlere Stück, sondern ein excentrisch liegendes verwenden. Diese Stücke lege ich nun wieder so an, dass sie mit der dicken Seite gegen die Nasenseite, mit der dünnen gegen die Schläfenseite gewendet sind; dann habe ich wieder Gläser, die mir den Dienst einer Vereinigung von Prismen und Linsen leisten, sogenannte prismatische Gläser. Sie sind von ausgedehnter Anwendung, weil die Fälle, in denen dauernde Contraction der Interni nicht ertragen wird, nicht blos bei Presbyopen, sondern auch bei anderen Individuen gar nicht selten vorkommen. Man bezeichnet diesen Zustand als Insufficenz der Recti interni.

Sie sehen leicht ein, dass ein wesentlicher Nachtheil daraus entstehen muss, wenn umgekehrt die Brillengläser in der Weise mangelhaft centrirt sind, dass die dünnere Seite derselben nach der Nasenseite, die dickere nach der Schläfenseite liegt, dass also die Gesichtslinie nach innen von der Axe des Brillenglases fällt. In diesem Falle müssen die Recti interni stärkere Anstrengungen machen, als im normalen Zustande, und dies führt noch einen andern Nachtheil mit sich. Der Tensor chorioideae hat wie der Sphincter pupillae Mitbewegung mit dem Rectus internus. Wenn also der Rectus internus stärker zusammengezogen wird, so ist damit auch eine unwillkürliche Accommodationsbewegung und somit eine ganz unnöthige Anstrengung für das Auge gegeben.

Fig. 40.



Nach der Tafel Fig. 39 verändert sich auch der Fernpunkt in den späteren Jahren, so dass er über die unendliche Ferne hinausgeht. Das

Auge bringt also, wenn auch der Nahepunkt im späten Alter die Grenze der Unendlichkeit überschreitet, nur noch Strahlen zur Vereinigung, die convergent auf das Auge fallen. Das ist nun beim Normalauge nicht immer der Fall. Es lässt sich über den Gang des Fernpunktes nichts Sicheres angeben. Manchmal geht der Fernpunkt über die unendliche Ferne hinaus, manchmal bleibt er in der unendlichen Ferne, manchmal wird er etwas herangezogen. Leute, bei denen letzteres statt hat, sehen im Alter in einer bestimmten endlichen Entfernung vollkommen scharf, so wie sie in ihrer Jugend gesehen haben, während sie in der unendlichen Ferne nicht so scharf wie früher sehen. Diese Fälle gehören zu den Seltenheiten und kommen vielleicht nur bei Augen vor, die vorherrschend mit nahen Gegenständen beschäftigt waren.

Ein Auge, das im Zustande der Ruhe nicht mehr für die unendliche Ferne, sondern für irgend eine endliche Entfernung eingestellt ist, nennen wir ein kurzsichtiges. Bei diesem müssen wir nach Donders drei Arten unterscheiden, die nicht allein durch den Grad der Kurzsichtigkeit, sondern auch durch die Veränderungen, die die Kurzsichtigkeit in den verschiedenen Lebensjahren erleidet, von einander abweichen. Das erste ist das stationär kurzsichtige Auge. (Fig. 40 gibt ein Bild seiner Leistungen.) Es ist im Zustande der Ruhe in der Kindheit auf eine Entfernung von 24 Zoll eingestellt und kann bis auf $2^2/_5$ accommodiren. Das Accommodationsvermögen nimmt natürlich mit den Lebensjahren ab. Im Alter von 40 Jahren kann ein solches Auge noch auf 6 Zoll accommodiren und in einem Alter von 60 Jahren noch auf 12 Zoll, während das normale Auge in diesem Alter nur noch auf 24 Zoll accommodiren kann. Ein Individuum mit solchen Augen kann also im Alter von 60 Jahren gewöhnliche Schrift noch ohne Brille lesen. In den früheren Lebensjahren brauchte es beim Lesen und Schreiben bei Weitem nicht so grosse Accommodationsanstrengungen, wie der Normalsichtige, sondern nur einen Bruchtheil seiner Accommodation. Das sind deshalb die unverwüstlichen Augen, die Nächte hindurch arbeiten ohne davon besonders angestrengt zu werden. Das sind ferner die Augen, die im Alter insofern die bessern Dienste leisten, als sie für das Sehen in die Nähe länger als Normalaugen ohne Brille gebraucht werden können.

Ein anderes Auge, schon weniger beneidenswerth, ist das zeitlich progressiv kurzsichtige Auge, wie es Donders nennt. Das ist (wie Fig. 41 zeigt) von vorneherein mit einem höheren Grade von Kurzsichtigkeit behaftet. Der Fernpunkt liegt in der Kindheit zwischen 8 und 12 Zoll und es kann auf $2^2/_{11}$ Zoll accommodirt werden. Der Nahepunkt nähert sich noch im mittleren Lebensalter zwischen 20 und 30 Jahren, aber auch der Fernpunkt; das Auge wird also kurzsichtiger. In einem Alter von 30 Jahren kann das Auge auf keine viel grössere Entfernung als etwa 5 Zoll eingestellt werden. Die Accommodation nimmt im zunehmenden Alter fortwährend ab, so dass zuletzt eine bleibende Sehweite von 5 bis 6 Zoll entsteht. Begreiflicher Weise ist ein solches Auge nicht nur unbrauchbar zum Sehen in die Ferne, sondern auch schon ungünstig für das Sehen in die Nähe. In so geringer Entfernung kann meist nicht mehr dauernd und ohne Anstrengung binoculär gesehen werden, weil man die Recti interni zu stark contrahiren muss, um noch von beiden Augen in einer solchen Entfernung einfache Bilder zu haben.

Das bleibend progressiv kurzsichtige Auge ist das schlechteste von allen. Es ist das kurzsichtigste schon in der Jugend, der Fernpunkt liegt nach dem von Donders gegebenen Schema (S. Figur 42) zwischen 6 und 8 Zoll, der Nahepunkt bei $2^2/_{11}$ Zoll. Der Nahepunkt rückt noch heran in den Jünglingsjahren, später rückt er hinaus mit schwindender

Fig. 41.

10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80

2, $2^2/_{11}$, $2^2/_5$, $2^2/_3$, 3, $3^3/_7$, 4, $4^4/_5$, 6, 8, 12, 24, ∞, 24

p p' r r

Accommodation. Der Fernpunkt rückt mit zunehmenden Jahren heran. Er ist mit 60 Jahren auf $2^2/_3$ Zoll herangerückt und nähert sich dann allmälig noch mehr. Dies sind die Augen, in denen sich Staphyloma posticum und Gesichtsschwäche in Folge beginnender Netzhaut-Atrophie ausbildet, und die häufig im hohen Alter ganz erblinden.

Ausser diesen verschiedenen Formen von Kurzsichtigkeit, die Folgen des Baues des Auges, der Krümmungshalbmesser der brechenden Flächen und der Länge der Augenaxe, sind, gibt es noch eine erworbene Kurzsichtigkeit, oder richtiger, eine angewöhnte Kurzsichtigkeit. Diese beruht darauf, dass Leute, die schon in ihrer Jugend viel in der Nähe arbeiten, Gymnasiasten, die viel Texte mit kleiner Schrift lesen, Stickerinnen, die sehr feine Arbeiten machen, zuletzt das Vermögen verlieren, ihren Accommodationsapparat vollständig zu entspannen. Sie lassen ihr Auge dauernd für die Nähe eingestellt, sie wissen nicht mehr, wie sie es machen sollen, um ihr Auge so weit für die Ferne einzurichten, dass sie es für den wahren Fernpunkt, der der Gestalt der optischen Medien und der Tiefe des Auges entspricht, einstellen.

Es fragt sich, was soll man mit einem kurzsichtigen Auge thun? Mit was für einer Brille soll man ihm nachhelfen? Es ist gelehrt worden, man solle ein kurzsichtiges Auge auf ein normales Auge corrigiren, mit andern Worten, man solle ihm dauernd ein Brillenglas vorlegen, das mit seinem Auge zusammen ein optisches System bildet, welches im Zustande

der Ruhe des Auges für die unendliche Ferne eingestellt ist. Diese Lehre ist nicht zu rechtfertigen; denn ich verwandle dauernd ein kurzsichtiges Auge in ein Normalauge, während es in meiner Macht steht, das kurzsichtige Auge nur zeitweise in ein Normalauge zu verwandeln, nur dann, wenn es als Normalauge gebraucht werden soll, wenn es eben in der

Fig. 42.

10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80

2, $2^2/_{11}$, $2^2/_5$, $2^2/_3$, 3, $3^3/_7$, 4, $4^5/_4$, 6, 8, 12, 24, ∞, — 1 : 24

unendlichen Ferne deutlich sehen soll. Ich kann also allerdings einem kurzsichtigen Auge eine Brille geben, die sein Auge auf ein normales Auge oder doch nahezu auf ein normales Auge corrigirt, aber nur zu dem Zwecke die Brille zum Sehen in die Ferne zu gebrauchen. Braucht Jemand eine Brille, um in einer bestimmten endlichen Entfernung genau zu sehen, so gibt man ihm eine Brille, die sein Auge so weit corrigirt, dass sein Fernpunkt in dieser Entfernung liegt. Hat z. B. ein Schulknabe in einem Abstande von 5 Schuh auf die Tafel zu sehen, so gibt man ihm eine Brille, mit der sein Auge im Zustande der Ruhe, das heisst bei möglichst entspanntem Accommodationsapparat, in einer Entfernung von 5 Schuh deutlich sieht. Man muss sich aber hüten dem Patienten zu empfehlen, diese Brille auch beim Lesen und Schreiben zu gebrauchen, man muss ihm im Gegentheil sagen, dass er sie dazu jedesmal ablegen müsse. Man ladet ihm ja durch eine solche Brille beim Lesen und Schreiben eine ganz unnütze Accommodationsanstrengung auf, die er sich ohne weiteres ersparen kann. Nun gibt es aber Kurzsichtige, die ohne Brille die Objecte so nahe halten müssen, dass sie sie nicht mehr einfach sehen. Diesen kann man zum Sehen in die Nähe eine schwächere Zerstreuungsbrille geben, die ihr Auge so weit corrigirt, dass nunmehr der Fernpunkt etwa bei 9 bis 12 Zoll liegt. Dann werden sie ohne oder mit nur geringer Accommodationsanstrengung mit derselben lesen und schreiben können.

So lange aber die Kurzsichtigkeit nicht einen sehr hohen Grad erreicht, ist es gar nicht nöthig eine Zerstreuungslinse zu geben, man kann viel einfacher helfen. Ich gebe eine Zerstreuungslinse damit der Patient das Buch weiter vom Auge entfernt halten könne. Sie hat für ihn den Nachtheil, dass die Lichtintensität, wie dies bei jeder Brille der Fall ist, wegen der Reflexionen an den beiden Flächen der Gläser geschwächt wird. Ausserdem hat er kleinere Netzhautbilder, als er sie haben würde, wenn er nicht durch Zerstreuungsgläser sähe. Diesen letzteren Nachtheil vermeide ich, wenn ich statt der Zerstreuungslinsen plane Prismen vor das Auge lege. Ich gebe Brillen, in welche statt der Linsen Prismen eingelegt sind, mit der dicken Seite gegen die Nase, mit der dünnen gegen die Schläfe gewendet. Diese bringen die Strahlen so zu beiden Augen, als ob sie von einem entfernteren Punkte kämen. Nun kann der Patient das Buch so nahe bringen, wie er es zum Sehen mit seinen kurzsichtigen Augen nöthig hat. Er braucht jetzt nicht mehr die Gesichtslinien so stark convergiren zu lassen und hat dabei die grossen Netzhautbilder seines kurzsichtigen Auges. Ich habe diesen Versuch an einem jungen Manne gemacht, der behauptete, binoculär nicht ohne Brille lesen zu können. Er fand, dass er durch eine solche Brille besser und mit weniger Anstrengung las, als durch eine Zerstreuungsbrille. Er konnte später die Brille weglegen und auch mit blossen Augen binoculär lesen. Ich halte es aber für besser, die Brille beizubehalten. Denn wenn es später dahin kommt, dass der Patient auch ohne Brillen binoculär lesen kann, so muss er doch eine stärkere Anstrengung der Interni und wegen der Mitbewegung, die zwischen Rectus internus und Tensor choriodeae besteht, eine Accommodationsanstrengung machen, die vermieden wird, wenn er sich dauernd dieser Prismen bedient.

Man kann sich indessen bei höheren Graden von Kurzsichtigkeit gezwungen sehen, Zerstreuungsgläser auch für die Nähe zu geben, weil es namentlich beim Schreiben lästig ist, das Auge dem Papier sehr nahe bringen zu müssen. Dann ist es von Wichtigkeit, dass diese so gestellt sind, dass die Gesichtslinie in keinem Falle nach aussen von der Axe der Linse fällt, sondern dass sie etwas nach innen von der Axe zu liegen kommt. Würde die Gesichtslinie nach aussen von der Axe der Linse durchgehen, so würde die Zerstreuungslinse vor dem Auge prismatisch wirken in einem solchen Sinne, dass nun eine grössere Convergenz der Gesichtslinien nothwendig wäre, als bei genau centrirter Linse. Wenn dagegen die Gesichtslinie nach innen von der Axe der Linse, nach der Nasenseite zu, fällt, so wirkt die Linse zugleich als ein Prisma, dessen dicke Seite der Nasenseite, und dessen dünne Seite der Schläfenseite zugewendet ist. Sie verlangt also von dem Betreffenden eine geringere Convergenz der Gesichtslinien als wenn wirklich die beiden Linsen mit den Augen richtig centrirt worden wären. Dies ist deshalb von Wichtigkeit, weil ja mit der grösseren Convergenz auch immer eine unwillkürliche Accommodationsanstrengung für die Nähe verbunden ist, die der Correction entgegenwirkt, welche wir durch die Brille anstreben, und ausserdem im Laufe der Zeit die Myopie steigert.

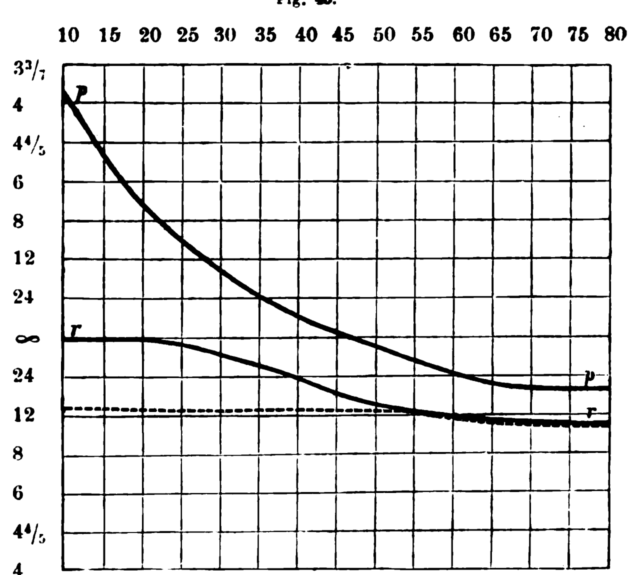
In späteren Jahren, wo gerade bei den hohen Graden der Kurzsichtigkeit oft zugleich auch Schwachsichtigkeit, mangelhaftes Unterscheidungsvermögen wegen beginnender Atrophie der Netzhaut, eintritt,

geschieht es nicht selten, dass solche Individuen keine Zerstreuungsbrille mehr finden, mit der sie überhaupt noch etwas lesen können, wenigstens keine, mit der sie noch feineren Druck zu lesen im Stande wären. Solchen Augen kann man für einige Zeit noch durch Brillengläser helfen, welche ihr Auge für einen brauchbaren Abstand einstellen und dabei ein etwas vergrössertes Bild geben. Diese Brillen, die jetzt in ziemlich ausgedehntem Gebrauche sind, scheinen zuerst hier in Wien von dem verstorbenen Optiker Prokesch, vielleicht schon von dessen Vorgänger, verfertigt worden zu sein. Denken Sie sich, ich könnte an mein Auge vorne ein Stück ansetzen, ich könnte es unter Beibehaltung der vorderen convexen Fläche nach vorne zu vergrössern, so möchte es mir dadurch gelingen, den hinteren Knotenpunkt weiter nach vorn zu rücken, und ich würde dadurch ein entsprechend grösseres Netzhautbild erhalten. Nun kann ich zwar dem Auge nicht direct ein Stück ansetzen, aber ich kann ihm eine Linse vorlegen, die in ähnlicher Weise wirkt, als ob ich nach vorne zu ein Stück an das Auge angesetzt hätte. Denken Sie sich eine Linse, welche nach vorn convex ist, und welche die aus einer endlichen Entfernung, z. B. aus einer Entfernung von 10 Zoll, kommenden Strahlen aufnimmt, so werden diese durch die vordere convexe Oberfläche der Axe zu gebrochen werden. Die hintere Oberfläche sei concav, sie wird also die austretenden Strahlen wieder stärker divergirend machen. Sie sei nun so abgepasst, dass diese austretenden Strahlen so divergiren, als ob sie von einem nur 4 Zoll entfernten Punkte ausgegangen wären. Sie werden dann auf der Netzhaut eines in so hohem Grade Kurzsichtigen, dass sein Fernpunkt bei 4 Zoll liegt, noch zur Vereinigung kommen. Das Bild aber ist, wenn das Glas hinreichend dick ist, nicht wie bei einem gewöhnlichen Zerstreuungsglase verkleinert, sondern vergrössert. Es beruht dies, wie ich schon angedeutet habe, darauf, dass vor das Auge gelegte Linsen mit diesem zusammen ein optisches System mit neuen Cardinalpunkten bilden, deren Lage für die verschiedenen Fälle von Mauthner, Knapp und Donders erörtert worden ist. Der einfachste Fall ist der, wo die Linse in der vorderen Brennpunktsebene des unbewaffneten Auges liegt und so dünn ist, dass der örtliche Unterschied ihrer brechenden Flächen vernachlässigt werden kann. Dann behalten die vorderen Cardinalpunkte des Auges, das heisst der vordere Brennpunkt, der vordere Hauptpunkt und der vordere Knotenpunkt ihren Ort, die hinteren Cardinalpunkte, das heisst der hintere Hauptpunkt, der hintere Knotenpunkt und der hintere Brennpunkt, werden sämmtlich um eine gleiche Grösse verschoben, durch Sammellinsen nach vorn, durch Zerstreuungslinsen nach hinten. Es bleibt also hier, wenn auch das Netzhautbild wegen des veränderten Abstandes des hinteren Knotenpunktes von der Netzhaut grösser oder kleiner erscheint, doch die Grösse des Netzhautbildes, so weit man es als ein auf der jeweiligen hinteren Brennpunktsebene entworfenes Bild ansieht, ungeändert. Anders, wenn obige Bedingungen nicht erfüllt sind: es kann dann je nach der Natur und Anordnung der brechenden Flächen vergrössert oder verkleinert werden, vergrössert und verkleinert je nachdem sich die Entfernung vom hinteren Knotenpunkte zum hinteren Brennpunkte verändert. Unser dickes Brillenglas, vorne convex und hinten concav, ist seinem Wesen nach, wie wir später sehen werden, ein Galiläi'sches

Fernrohr mit schwacher Vergrösserung. Brillen mit solchen Gläsern würden in noch viel ausgedehnterem Gebrauche sein, wenn sie nicht durch ihre Schwere in hohem Grade unbequem wären.

Das diametrale Gegentheil des kurzsichtigen Auges ist das von Donders so benannte hypermetropische. Dies charakterisirt sich dadurch, dass das Auge im Zustande der Ruhe weder für eine endliche noch für die unendliche Ferne eingestellt ist, dass es im Zustande der Ruhe nur

Fig. 43.

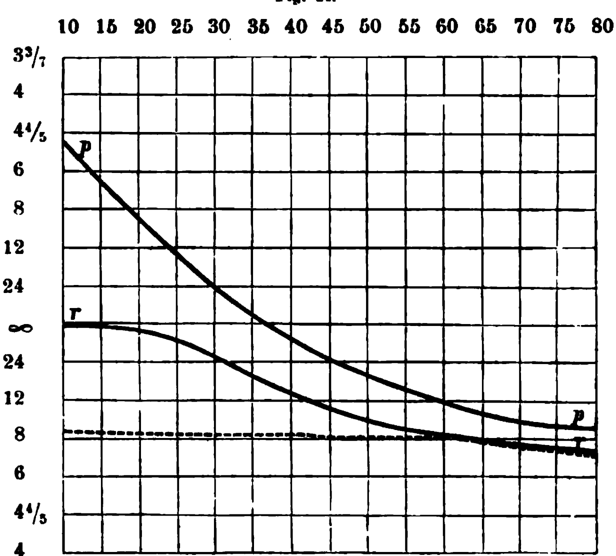


convergirende Strahlen zur Vereinigung bringt. Bei den geringeren Graden von Hypermetropie wird dies gar nicht bemerkt. Die Hypermetropen können ihr Auge im Zustande der Ruhe niemals gebrauchen, sie sind immer darauf angewiesen zu accommodiren, auch für die unendliche Ferne, sie verlernen es vollständig ihre Accommodation zu entspannen. Wenn man ihnen ein schwaches Convexglas gibt, so sehen sie deshalb meistens durch dasselbe in der Ferne nicht besser, als mit blossen Augen. Es gibt aber ein Mittel, um zu zeigen, dass bei ihnen das Auge im Zustande der Ruhe wirklich für convergirende Strahlen eingestellt ist. Man entspannt den Accommodationsapparat künstlich, indem man ihn durch Einträufeln von Atropin in das Auge lähmt.

Fig. 43 zeigt nach Donders die Sehweiten des in geringem Grade hypermetropischen Auges. Der Fernpunkt liegt in der Jugend in unendlicher Ferne. Dabei ist aber schon die Accommodation wirksam. Bei Atropineinträufelung ist der Fernpunkt auf fast — 12 Zoll zurückgegangen (siehe die punktirte Linie), das heisst es würden jetzt Strahlen zur Vereinigung kommen, welche so zum Auge gelangen, dass sie, wenn sie nicht in die optischen Medien des Auges hineingingen, sondern in der Luft fortschritten, sich 12 Zoll hinter dem Auge vereinigen würden. Da

in der Jugend die Accommodationsbreite gross ist, so merkt ein solches Individuum, das nur in geringem Grade hypermetropisch ist, von seinem Fehler in der ersten Jugend nichts. Erst in den zwanziger Jahren bemerkt es, dass es beim Lesen eher ermüdet, weil es jetzt schon, um sein Auge auf eine Entfernung von etwa 10 Zoll einzustellen, seine ganze Accommodationsbreite braucht. Wenn das Individuum aber 30 Jahre alt ist, kann es selbst mit seiner ganzen Accommodationsanstrengung das Auge nicht mehr auf 12 Zoll einstellen. Mit 35 Jahren liegt der Nahepunkt bei

Fig. 44.



24 Zoll: das Individuum ist also schon in den Blüthejahren darauf angewiesen, eine Brille zu gebrauchen. In späteren Jahren rückt der Nahepunkt immer weiter hinaus und endlich auch über die unendliche Ferne, so dass das Auge nur noch convergirende Strahlen zur Vereinigung bringt.

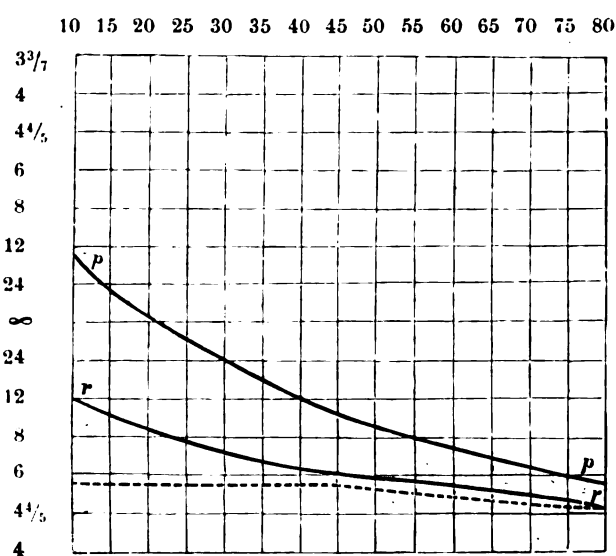
Einen höheren Grad der Hypermetropie besitzt das von Donders mittelmässig hypermetropisch benannte Auge (dessen Sehweiten in Fig. 44 dargestellt sind). Da liegt schon in der Jugend der Fernpunkt nach Entspannung der Accommodation durch Atropin (siehe die punktirte Linie) zwischen — 8 und — 12. In der Kindheit kann noch fürs Lesen und Schreiben accommodirt werden; aber schon mit dem fünfundzwanzigsten Lebensjahre ist der Nahepunkt über 12 Zoll hinausgerückt. Von jetzt an ist schon die ganze Accommodationsanstrengung nöthig, um eine kleinere Schrift noch lesen zu können: es tritt also schon jetzt die Zeit ein, wo das Auge relativ unbrauchbar wird.

Ein noch höherer Grad von Hypermetropie ist nach Donders in Fig. 45 dargestellt, das stark hypermetropische Auge. Da liegt der Fernpunkt des Auges ohne Entspannung des Accommodationsapparates schon in der Jugend bei — 12 Zoll, nach der Entspannung zwischen — 6 und — 5 Zoll. Es kann hier selbst in der Kindheit nicht auf 12 Zoll accom-

modirt werden. Im Alter von 21 Jahren kann aber noch für die unendliche Ferne eingestellt werden. Von da ab werden nur noch Strahlen zur Vereinigung gebracht, die convergirend zum Auge gelangen.

Die Hypermetropie ist ein Gesichtsfehler, der lange Zeit verkannt wurde, und dessen Verkennung und Vernachlässigung schwere Nachtheile nach sich zieht. Selbst diejenigen Hypermetropen, die noch für eine Entfernung accommodiren können, in welcher man zu lesen pflegt, brauchen, wie wir gesehen haben, schon ihre ganze Accommodationsanstrengung, um das Auge für diese Entfernung einzustellen. Dies halten sie aber nur verhältnissmässig kurze Zeit aus; es tritt bald ein Zustand ein, wo sie

Fig. 45.



anfangen doppelt zu sehen, wo ihnen, wie sie sagen, die Buchstaben ineinanderfliessen, wo sie ein Gefühl von Schwindel, Schmerzen in der Supraorbitalgegend u. s. w. bekommen.

Es führt ferner die Hypermetropie, abgesehen von der Unmöglichkeit, die später eintritt, feinere Arbeiten auszuführen, noch einen andern Nachtheil mit sich, nämlich den, dass die Betroffenen häufig schielen. Es wurde bereits mehrfach erwähnt, dass der Tensor chorioideae Mitbewegungen hat mit dem Rectus internus. Die Hypermetropen sind nun darauf angewiesen, sehr starke Accommodationsanstrengungen zu machen und helfen sich dabei, indem sie zugleich ihre Sehaxen für einen sehr nahen Punkt convergiren lassen. Da sie aber ihr Auge für diesen nahen Punkt nicht mehr einstellen können, da sie die Objecte nicht so nahe, sondern entfernter halten müssen, und sie beim Sehen mit beiden Augen Doppelbilder haben würden, so sehen sie nur mit einem Auge und schielen mit dem andern nach innen, indem sie dasselbe ganz vernachlässigen. So entsteht habituelles Schielen bei Hypermetropen.

Um alle diese Nachtheile zu verhüten, gibt es kein anderes Mittel, als den Hypermetropen zur rechten Zeit Brillen zu geben. Es versteht sich von selbst, dass diese keine andern als Convexbrillen, Sammelbrillen sein können. Bei den Kurzsichtigen hatten wir den Grundsatz, dem Patienten jedesmal die schwächste Brille zu geben, mit der er für den gegebenen Zweck auskommen kann, um unnöthige Accommodationsanstrengungen zu ersparen. Bei Hypermetropen gilt dieser Grundsatz nicht, man darf ihnen nicht die schwächsten Brillen geben, mit denen sie auskommen, weil sie dann noch immer die ganze Accommodation bei ihren Arbeiten gebrauchen müssten. Wir sind deshalb genöthigt, Brillen zu geben, die stark genug sind, um ohne grosse Accommodationsanstrengung mit denselben zu arbeiten. Es ist auch keineswegs rathsam, zu warten, bis der Zustand unerträglich wird, oder bereits Schielen eingetreten ist. Im Gegentheile, wenn ein hypermetropisches Auge als ein solches erkannt wurde, so soll man ihm eine Brille geben, durch welche es rechtzeitig auf ein normales Auge corrigirt wird. In späteren Jahren, wenn zur Hypermetropie noch Presbyopie hinzutritt, ist es nothwendig, in der Correction noch weiter zu gehen, sobald es sich um das Sehen in die Nähe, um Lesen und Schreiben u. s. w. handelt. Man muss dann durch die Brille das hypermetropische Auge wie das Normalauge in ein kurzsichtiges verwandeln.

Vergrösserungsmittel für die Nähe und Ferne.

Lupe, Dissectionsbrille und einfaches Mikroskop.

Wir haben gesehen, wie man den Refractionsanomalien des Auges nachhelfen, wie man sie compensiren kann. Nun gibt es aber für jedes Auge, auch das kurzsichtige, eine gewisse Nähe, in welcher es überhaupt nicht mehr deutlich sehen kann und doch würden wir, wenn wir den Gegenstand noch näher bringen könnten, von ihm ein noch grösseres Netzhautbild haben. Wir würden ihn vergrössert sehen, und würden Einzelheiten an ihm erkennen, die wir mit freiem Auge nicht mehr unterscheiden. Zu diesem Zwecke legen wir eine Sammellinse vor das Auge und nennen diese eine Lupe. Diese verschafft uns ein grösseres Bild, erstens weil wir den Gegenstand näher vor das Auge bringen können und zweitens, weil die Sammellinse mit unserem Auge ein neues optisches System bildet, in welchem der hintere Knotenpunkt weiter nach vorne liegt, als er früher in unserem Auge lag.

Da sich eine solche Lupe von einem Convexbrillenglase nur durch die kürzere Brennweite unterscheidet, so würden wir auch vor jedes der beiden Augen eine Lupe legen können, wenn wir die M. recti interni stark genug zu contrahiren vermöchten, um damit noch einfach zu sehen. Das gelingt aber nur, wenn wir die Lupen prismatisch machen. Wir schleifen ein Glas, gross genug, um zwei Brillengläser zu geben, auf der einen Seite convex, so dass es eine Brennweite von 6 bis 7 Zoll bekommt, schneiden es in zwei symmetrische Stücke und setzen diese mit der convexen Seite dem Auge zugewendet und mit dem dicken Rande gegen die Nase gekehrt in ein Brillengestell, dem wir zwei seitliche Schirme geben, um das seitlich einfallende Licht abzuhalten. Eine

solche Brille, die sich für anatomische Arbeiten sehr gut eignet, heisst eine Dissectionsbrille.

Wenn die Brennweite der Lupe bis zu einem gewissen Grade verkürzt wird, so wird die sphärische Aberration immer auffälliger und verdirbt das Bild immer mehr. Wir ziehen es für solche Fälle vor, zwei Sammellinsen mit einander zu combiniren, und nennen ein solches Instrument eine Doppellupe, ein Doublet. Wir können auch drei Sammellinsen in solchen Krümmungen und solcher Reihenfolge miteinander verbinden, dass die sphärische Aberration auf ein Minimum reducirt wird, dass eine sogenannte aplanatische Combination entsteht. Da wir jetzt stärkere Vergrösserungen erzielen und das Instrument nicht mehr gut aus freier Hand handhaben können, bringen wir es in ein Stativ, so dass es durch einen Trieb nach aufwärts und abwärts bewegt werden kann; wir verbinden es ferner mit einem Tische und einem Beleuchtungsspiegel und nennen das Ganze ein einfaches Mikroskop. Ein einfaches Mikroskop unterscheidet sich im Wesentlichen von einer Lupe nur durch die kürzere Brennweite und durch die Art der Montirung, dadurch dass es mit einem eigenen Arbeitstischchen und einem Beleuchtungsspiegel versehen ist.

Das zusammengesetzte Mikroskop und das Kepler'sche oder astronomische Fernrohr.

Anders verhält es sich mit dem zusammengesetzten Mikroskope, dessen wir uns bei unseren Arbeiten so vielfältig bedienen. Bei diesem wird erst durch das Objectiv ein umgekehrtes Luftbild entworfen, und dieses sehen wir mit der Ocularlinse an. Im Principe ist also das zusammengesetzte Mikroskop ebenso gebaut, wie ein astronomisches oder Kepler'sches Fernrohr. Beim astronomischen Fernrohre in einfachster Form hat man eine Objectivlinse, die ein umgekehrtes Bild liefert, und eine Ocularlinse, durch welche man dieses Bild vergrössert und ansieht. Da ich aber mit dem Mikroskope sehr nahe Gegenstände betrachte, von denen ich ein umgekehrtes Luftbild haben will, das grösser ist als das Object selbst, muss ich mit meinem Objecte sehr nahe an das Objectiv heranrücken, und dieses muss eine sehr kurze Brennweite haben. Ich reiche deshalb mit einer Objectivlinse nicht aus, ich muss eine Reihe von Objectivlinsen hintereinander aufstellen, und so entsteht dann das gewöhnliche aus drei Linsen bestehende Objectiv des Mikroskops. Ich sage, das Objectiv besteht gewöhnlich aus drei Linsen. Dies ist aber eigentlich nicht richtig. Ich hätte sagen sollen, aus vier Linsen: denn es ist eine Linse, die zum Objectiv gehört, weil sie zwischen Objectiv und umgekehrtem Luftbild liegt, vom Objectiv weggenommen und mit dem Ocular vereinigt worden. Es ist nämlich zweckmässiger, durch die Objectivlinsen des Mikroskops die Strahlen noch nicht zur Vereinigung kommen zu lassen, sondern sie nur im Rohre des Mikroskops hinaufzuleiten und noch eine vierte Sammellinse im Oculare, das heisst durch die Messingfassung mit der eigentlichen Ocularlinse verbunden, anzubringen, die man mit dem Namen des Collectives bezeichnet, und die erst die Vereinigung der Strahlen zu einem umgekehrten Luftbilde zu Stande bringt. Dieses umgekehrte Bild, welches grösser ist, als das Object, weil es weiter

vom hinteren Knotenpunkte entfernt ist, als das Object vom vorderen Knotenpunkte, wird noch einmal durch eine Lupe, durch die eigentliche Ocularlinse, vergrössert und so angesehen. Das zusammengesetzte Mikroskop ist also ein astronomisches Fernrohr von sehr kurzer Brennweite, und das astronomische Fernrohr ist ein Mikroskop, dessen Objectiv eine sehr grosse Brennweite hat.

Die weiteren Verbesserungen und Vervollkommnungen des Mikroskops haben sich einerseits darauf bezogen, dass man die Objectivlinsen des Mikroskops achromatisch gemacht hat, indem man Flintglaslinsen mit Crownglaslinsen combinirte, und andererseits bestanden sie darin, dass man die sogenannten aplanatischen Combinationen einführte und verbesserte, das heisst, dass man Linsencombinationen zusammenstellte, bei welchen durch die Art der Zusammenordnung die sphärische Aberration, die Abweichung wegen der Kugelgestalt der Oberflächen, auf ein möglichst kleines Maass zurückgeführt wurde.

In neuerer Zeit ist noch ein wesentlicher Fortschritt gemacht worden. Amici liess die unterste Objectivlinse in Flüssigkeit eintauchen, sie nicht mehr durch Luft, sondern durch eine tropfbare Flüssigkeit von dem Objecte getrennt sein. Es werden hierdurch wesentliche Vortheile erzielt, indem zwei sehr starke Reflexionen, die gerade bei starken Vergrösserungen nachtheilig wirken, die Reflexion der Strahlen beim Austritte aus dem Deckglase und beim Eintritte in die erste Objectivlinse, in viel schwächere Reflexionen verwandelt werden, da statt der Luft ein stärker brechendes Medium zwischen Deckglas und Objectivlinse eingeschoben wurde, was natürlich auch einen entsprechenden Einfluss auf die beiden gleichzeitig mit den Reflexionen stattfindenden Brechungen ausübte. Amici wendete zu diesem Zwecke Oel oder Wasser an, Oel weil es einen höheren Brechungsindex hat, Wasser weil es sich bequemer anwenden lässt. Der allgemeine Usus hat sich für Wasser entschieden, weil das Oel das Arbeiten sehr erschwert. Wir bringen bei den starken Vergrösserungen, bei unseren sogenannten Immersionssystemen oder Tauchlinsen, die namentlich durch die Anstrengungen von Hartnak zu immer grösserer und grösserer Vollkommenheit gebracht worden sind, einen Wassertropfen unten auf die Objectivlinse und schrauben sie dann herunter, so dass dieser Wassertropfen auch das Deckglas benetzt. Auf diese Weise sind Vergrösserungen erzielt worden von einer Vortrefflichkeit und Lichtstärke, wie sie früher niemals erreicht wurden.

Galilei'sches Fernrohr und Chevalier's Lupe.

Ausser dem astronomischen Fernrohre gibt es noch ein anderes, das sogenannte Galilei'sche Fernrohr. Galilei ist aber nicht der eigentliche Erfinder desselben. Der eigentliche Erfinder ist ein holländischer Brillenmacher, Hans Lippershey. Sehr bald nach ihm erfand es selbstständig ein zweiter Holländer, Metius; Galilei hörte nun von den Wirkungen dieser Fernröhre, ohne ihre Construction zu kennen, und fand dann diese selbstständig.

Wir haben schon früher gesehen, dass wir uns durch ein sehr dickes convex-concaves Brillenglas deutliche Bilder verschaffen können, indem wir die Strahlen zusammenbrechen und dann durch die hintere

Oberfläche wieder divergirend herausgehen lassen, so dass sie jetzt auf der Netzhaut zur Vereinigung kommen. Wir haben das damals nur für Kurzsichtige angewendet: dasselbe Princip lässt sich aber für jedes Auge anwenden. Hierauf beruht ein kleines Instrument, welches man mit dem Namen des Steinheil'schen Conus zu bezeichnen pflegt. Es entsteht, wenn man sich eine jener dicken convex-concaven Glaslinsen in der Axe noch mehr verlängert denkt, es ist ein Glaskegel, der vorn eine convexe und hinten eine concave Fläche hat. Die Strahlen werden in demselben zusammengebrochen und werden durch die hintere Fläche so divergirend gemacht, dass sie in das Auge hineingelangen, wie Strahlen, die aus der Entfernung des deutlichen Sehens zum Auge gelangt sind. Dies ist nun auch das Princip des Galilei'schen Fernrohrs, nur mit dem Unterschiede, dass der Conus mit seinen beiden Flächen in zwei Gläser zerlegt ist, in eine Sammellinse, durch welche die Strahlen, die von dem entfernten Gegenstande kommen, convergirend gemacht werden, und eine Zerstreuungslinse, durch welche sie so weit divergirend gemacht werden, dass sie in der Ebene der Netzhaut zur Vereinigung kommen. Man kann bekanntlich die Divergenz der hier austretenden Strahlen und somit die Einstellung eines solchen Fernrohres für die Nähe und für die Ferne damit reguliren, dass man die Zerstreuungslinse von der Sammellinse entfernt oder derselben nähert. Da die beiden Linsen mit dem optischen Apparate des Auges ein System bilden, in welchem der hintere Knotenpunkt viel weiter nach vorn liegt, als im Auge allein, so gibt eine solche Combination ein vergrössertes Bild. Während das Galilei'sche Fernrohr für astronomische Zwecke nicht mehr in Gebrauch ist, dient es uns noch allgemein unter der Form des Operngückers.

Es liegt nun nicht im Principe des Galilei'schen Fernrohres, dass man es nur für grosse Entfernungen anwenden könnte. Wenn man die Brennweite des Objectives verkürzt, kann man es auch für geringere Entfernungen benützen. Die Brennweite wird dadurch verkürzt, dass man statt einer Sammellinse zwei nimmt. Nun werden Strahlen, die von verhältnissmässig nahe liegenden Gegenständen kommen, durch diese beiden Linsen so weit convergirend gemacht, dass sie, durch die Zerstreuungslinse wieder divergirend gemacht, so austreten, dass sie sich auf der Netzhaut vereinigen. Dann erhält man wieder ein vergrössertes Bild. Diese Lupe, die nach dem Principe des Galilei'schen Fernrohres construirt ist, hat vor der gewöhnlichen einen wesentlichen Vortheil, den, dass sie einen viel grösseren Objectabstand gibt. Bei der gewöhnlichen Lupe muss man sich dem Gegenstande sehr nähern, bei dieser Lupe ist das nicht nöthig. Eine solche Lupe dient also erstens zu anatomischen Präparationen, um Objecte zu untersuchen, die sich unter Wasser befinden, zur Untersuchung von Hautkranken, zur Untersuchung der Iris und dergleichen mehr, kurz überall, wo man sich nicht so unmittelbar den Gegenständen nähern kann oder will, wie dies bei der gewöhnlichen Lupe nothwendig ist. Sie wurde von Chevalier erfunden, kam aber wieder in Vergessenheit, so dass erst, als sie von neuem erfunden und in Gebrauch gekommen war, Harting in seinem Werke über das Mikroskop nachwies, dass sie Chevalier bereits bekannt gewesen.

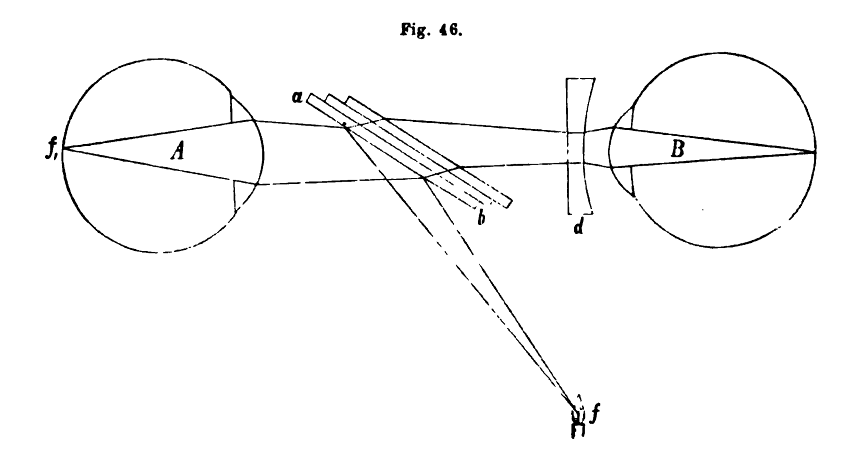
Die Augenspiegel.

Wir haben also gesehen, dass man sich deutliche Netzhautbilder verschaffen kann, erstens von Gegenständen, die zu klein sind, als dass man sie deutlich sehen könnte, und zweitens von Gegenständen, die zu entfernt sind, um ein hinreichend grosses Netzhautbild zu geben. Wir können uns jetzt noch die Frage vorlegen: Wie können wir in das Auge eines Andern hineinsehen? Wenn wir das Auge eines Andern ansehen, so sehen wir bekanntlich durch die Pupille einen schwarzen Grund, aber wir sehen nichts auf diesem Grunde. Das hat zweierlei Ursachen. Erstens sehen wir nichts auf diesem Grunde, weil die Netzhaut mit ihren Gefässen und die Chorioidea, die wir sehen sollten, nicht in der Entfernung des deutlichen Sehens sind, und zweitens sehen wir nichts, weil der Augengrund nicht hinreichend beleuchtet ist. Die Beleuchtung können wir uns verschaffen. Es wird keineswegs alles Licht im Auge absorbirt; es ist bekannt, dass die Augen derjenigen Thiere, die ein Tapetum haben, wie die Hunde und die Katzen, angeblich im Dunklen leuchten. Sie leuchten aber nicht im Ganzdunklen, sondern sie geben nur von einer Lichtquelle so viel Licht zurück, dass sie im Theilweisedunklen unter gewissen Umständen leuchtend erscheinen. Wenn zum Beispiel ein solches Thier irgendwo im dunklen Raume in einem Winkel sitzt, und man öffnet die Thür, und es fällt Licht durch dieselbe ein, so leuchtet das Auge dieses Thieres auf. Dies geschieht deshalb, weil die Strahlen, die aus dem Auge zurückkommen, dieselben Brechungen erleiden, wie die, welche in das Auge hineingelangten, und somit das Licht näherungsweise an denselben Ort zurückkehrt, von dem es ausgegangen ist. Stehe ich also in der offenen Thüre, so muss das Licht zu mir zurückkehren, und folglich muss ich das Auge des Thieres leuchtend sehen.

Auch aus dem Auge des Menschen kommt Licht zurück, wenn auch viel weniger, als von dem Auge dieser Thiere, weil er eben kein Tapetum hat, immerhin so viel, dass man auch das menschliche Auge unter passenden Umständen leuchtend sehen kann. Denken Sie sich das Auge eines Individuums und vor demselben eine Lichtflamme, so wird die Lichtflamme ein Bild auf die Netzhaut werfen, und die Strahlen, die zurückkommen, werden im Allgemeinen den Weg der eingetretenen Strahlen gehen. Wenn sich nun dem zu beobachtenden Auge gegenüber näherungsweise in einer Linie mit der Lichtflamme ein anderes befindet, und man verdeckt diesem die Lichtflamme, so wird ein Theil des Lichtes, das nicht genau denselben Weg zurückgelegt hat, in das beobachtende Auge gelangen, und dieses wird dann das beobachtete Auge leuchten sehen. Ich kann dies aber auch noch anders bewirken. Ich kann ein Planglas, *a b* Fig. 46 schief aufstellen, und zur Seite davon eine Lichtquelle, dann wird das Licht von dem Planglase in das beobachtete Auge *A* reflectirt werden, es wird ein Flammenbild *f*, auf der Netzhaut entstehen; das Licht, das von diesem zurückkommt, geht durch das Planglas hindurch, und gelangt zum beobachtenden Auge, das sich hinter dem Planglase befindet. Ich kann auch mehrere Platten hintereinander legen, damit die Reflexion stärker wird, und eine grössere Menge Lichtes

in das beobachtete und somit auch aus demselben in das beobachtende Auge *B* gelangt. Dies war die Beleuchtung, welche Helmholtz, der Erfinder des Augenspiegels, angewendet hat, und welche in der beistehenden Figur dargestellt ist. Nachdem er so das Innere des Auges beleuchtet hatte, handelte es sich darum, wie er sich ein deutliches Bild von den

Fig. 46.

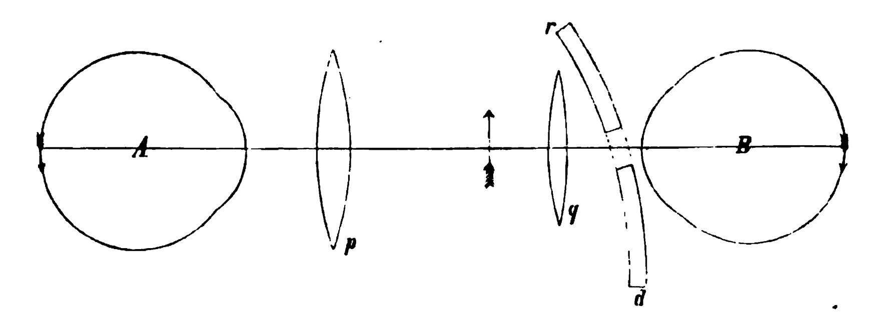


Gegenständen verschaffte, welche nun beleuchtet im Grunde des Auges zu sehen waren. Denken Sie sich, das beobachtete und das beobachtende Auge seien beide für die unendliche Ferne eingestellt, so sehen Sie leicht ein, dass die Strahlen, die aus dem ersten Auge parallel herauskommen, auf der Netzhaut des andern zur Vereinigung kommen. Zwei Normalaugen, die beide für die unendliche Ferne eingestellt sind, können also das eine auf dem Grunde des andern deutlich sehen. Nun stellt sich aber ein Normalauge dem Beobachter gegenüber niemals für die unendliche Ferne, sondern immer auf eine endliche Ferne ein, so dass also die Strahlen aus Normalaugen und noch mehr aus kurzsichtigen Augen convergirend herauskommen. Ich kann also mit meinem blossen Auge, unter der Voraussetzung, dass es ein Normalauge sei, nur im Grunde des Auges eines Hypermetropen, der überhaupt auf keine endliche Ferne accommodirt, deutlich sehen. — Sobald das beobachtete Auge anfängt für eine endliche Entfernung zu accommodiren, kommen die Strahlen convergirend heraus: ich muss also eine Correctionslinse, eine Zerstreuungslinse *d* Fig. 46 zwischen mein Auge und das beobachtete einschalten. Dergleichen Correctionslinsen sind nun im Helmholtz'schen Augenspiegel in drehbaren Scheiben angebracht, so dass sie einzeln oder zu zweien vor das Auge gelegt werden können. Dieser Augenspiegel ist also nach dem Principe des Galilei'schen Fernrohres construirt. Die Strahlen kommen aus dem Auge convergirend, wie aus dem Objective eines Galilei'schen Fernrohres, sie werden durch eine Zerstreuungslinse so weit divergirend gemacht, dass sie sich auf der Netzhaut des beobachtenden Auges vereinigen.

Als der Helmholtz'sche Augenspiegel bekannt wurde, sagte sich der verstorbene Augenarzt Ruete: Wenn ich nach dem Principe des

Galilei'schen Fernrohres auf dem Grunde des Auges deutlich sehen kann, dann muss ich auch nach dem Principe des astronomischen Fernrohres auf dem Grunde des Auges deutlich sehen können, und construirte nach diesem Principe einen zweiten Augenspiegel. Denken Sie sich, die Strahlen kommen aus dem Auge *A* Fig. 47 parallel oder schwach con-

Fig. 47.





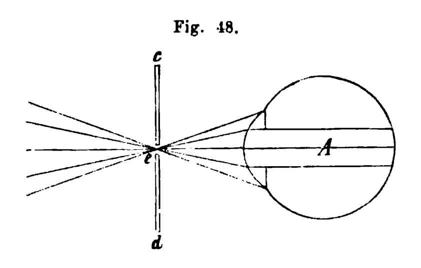
vergirend heraus, und ich bringe vor dasselbe eine Sammellinse *p*, so werden die Strahlen zusammengebrochen werden, und es wird von dem Netzhautbilde ein umgekehrtes Luftbild (siehe den Pfeil) entworfen werden. Dieses sehe ich durch eine Sammellinse *q* an, welche ich als Ocular vor mein Auge lege. Durch Abändern der Entfernung zwischen diesen beiden Sammellinsen oder ihrer Entfernung vom Auge kann ich mir also ähnlich, wie beim Einstellen eines astronomischen Fernrohres, immer ein deutliches Bild vom Grunde des Auges verschaffen. Es handelt sich jetzt nur darum: Wie beleuchte ich? Dazu hat Ruete folgenden Weg eingeschlagen. Er nimmt einen ziemlich grossen Concavspiegel *dr*, der in der Mitte von einem Loche durchbrochen ist, und stellt demselben gegenüber eine Lichtquelle *f* auf. Das Licht wird durch den Concavspiegel in das Auge *A* reflectirt, und durch die Oeffnung, die in der Mitte des Spiegels angebracht ist, kann dasselbe von dem Auge *B* beobachtet werden. Diese beiden Augenspiegel sind die Vorfahren aller Augenspiegel, die seitdem in grosser Anzahl erfunden worden sind. Die Augenspiegel lassen sich nur immer nach einem von den beiden Principien erfinden, die Ausführung aber lässt sich in mannigfacher Weise variiren. Man kann z. B. einen solchen durchbrochenen Spiegel als Mittel zur Beleuchtung nehmen, und kann das beobachtende Auge mit einer Zerstreuungslinse corrigiren, die vor oder hinter dem Loche des Spiegels angebracht ist. Dann hat man das optische Princip vom Helmholtz'schen Spiegel hergenommen, die Beleuchtung aber nach Ruete eingerichtet. Man kann ferner, wie Hasner gethan hat, Zerstreuungslinsen auf der planen oder convexen Seite mit Spiegelfolie belegen und diese in der Mitte wegnehmen, so dass man hier hindurchsehen kann, und somit

diese foliirte Linse als Beleuchtungsapparat und zugleich als Correctionslinse verwenden.

Die Beobachtung von Gegenständen im eigenen Auge.

Wenn ich die Gegenstände im Auge eines Andern untersuchen kann, so kann ich vielleicht auch die Gegenstände in meinem eigenen Auge sehen. Das Sehen von Gegenständen im eigenen Auge bezeichnet man mit dem Namen der entommatischen Gesichtswahrnehmung. Warum sehe ich für gewöhnlich die Gegenstände in meinem Auge nicht? Deshalb nicht, weil sie kein deutliches Bild geben können. Wenn ich einen Gegenstand meinem Auge immer mehr nähere, so wird das Bild immer undeutlicher und lange noch ehe ich die Cornea berühre ist es völlig undeutlich geworden. Es ist also klar, dass von den Gegenständen auf der Cornea und hinter der Cornea kein deutliches Bild entstehen kann, weil die Strahlen nicht mehr auf der Netzhaut vereinigt werden. Wir haben aber früher gesehen, dass alle Dinge nur undeutlich werden durch die Grösse der Zerstreuungskreise, und dass wir durch eine kleine Oeffnung in jeder Entfernung deutlich sehen können. Wir werden also durch eine kleine Oeffnung vielleicht Gegenstände deutlich sehen können, die sich ganz nahe unserem Auge befinden, ja die sogar in unserem Auge selbst sind. Das ist in der That der Fall. Wir sehen nicht nur Dinge, die jenseits der Oeffnung liegen, deutlich, sondern auch solche, die diesseits derselben liegen. Denken Sie sich, Sie sehen durch einen Metallschirm, der mit einer ganz kleinen Oeffnung versehen ist, und versuchen mit den Augen zu blinzeln, so würden Sie in demselben Augenblicke, wo Sie das obere Augenlid herabsenken, von unten lange, starke, schwarze Schatten heraufkommen sehen, wie die Schatten von Binsen, die im Wasser wachsen. Das geht folgendermassen zu. Denken Sie sich A sei Ihr Auge, und vor demselben befinde sich, wir wollen der Einfachheit halber annehmen im vorderen Brennpunkte, also einen halben Augendurchmesser von dem Scheitel der Cornea entfernt, ein Schirm cd mit einer kleinen Oeffnung e. Dann gehen alle Strahlen, die zu dem Auge gelangen konnten, so zu ihm, als ob sie von einem Punkte, von dieser Oeffnung, ausgingen. Dergleichen Licht, das von einem Punkte ausgeht, bezeichnet man mit dem Namen des homocentrischen Lichtes. Wenn sich nun eine Cilie in diesen Lichtkegel herabsenkt, so wird sie von diesem Lichtkegel eine Reihe von Strahlen auffangen und diese werden nicht wie die übrigen parallel im Glaskörper verlaufenden zur Netzhaut kommen. Es werden also die Cilien einen Schatten werfen in dem homocentrischen Lichte, und dieser Schatten wird sich auf die Netzhaut projiciren. Er befindet sich aber auf der Netzhaut über dem Horizonte, er muss also im Sehfelde umgekehrt, unter den Horizont versetzt werden. Es ist also klar, dass, wenn man das obere Augenlid herabsenkt, und die Cilien in diesen Kegel hineintreten, die

Fig. 48.



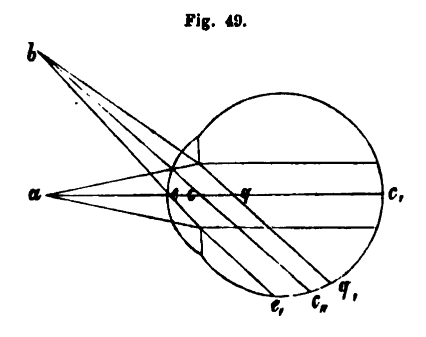
Schatten derselben unten erscheinen werden, und das sind eben diese binsenartigen Gebilde.

Wodurch ist hierbei das Sehfeld begrenzt? Wenn Sie durch ein solches Loch hindurchsehen und bringen dasselbe dem Auge immer näher, so wird es immer grösser, und Sie glauben deshalb auch, es sei dieses runde Sehfeld noch immer von dem Rande des Loches begrenzt. Der Schirm befindet sich aber Ihrem Auge so nahe, dass Sie von dem Rande des Loches kein deutliches Bild haben können. Die Grenze dieses hellen Sehfeldes wird durch etwas ganz anderes gebildet, nämlich durch den Pupillarrand der Iris. Die Iris schneidet von dem Lichte, das im Auge fortschreitet, um zur Netzhaut zu gelangen, ein ringförmiges Stück ab, sie wirft einen schwarzen Schatten auf die Netzhaut: nur das Licht, das durch die Pupille eingeht, erhellt die Netzhaut und bringt eben dieses kreisförmige Sehfeld zu Stande. Wenn deshalb die Pupille nicht rund ist, so ist es auch das Sehfeld nicht.

Man kann im homocentrischen Lichte Rauhigkeiten auf der Hornhaut wahrnehmen. Wenn Sie sich z. B. zuerst das Gesichtsfeld in dieser Weise ansehen, und Sie sehen es wiederum an, nachdem Sie das Auge gerieben haben, so werden Sie eigenthümliche, wellenförmige Schattirungen im Sehfelde bemerken, die von den Rauhigkeiten auf der Hornhaut herrühren, die Sie durch das Reiben erzeugt haben. Wenn Thränen über die Hornhaut fliessen, so sehen Sie dies in dem Sehfelde, nur so, dass die Bewegung des Schatten gebenden Körpers von unten nach oben stattzufinden scheint. Es können auch Gegenstände im Glaskörper und in der Linse gesehen werden.

Wir haben aber auch ein Mittel, annähernd den Ort der Binnenobjecte im Auge zu bestimmen. Denken Sie sich, Sie hätten einen Punkt c Fig. 49 in der Ebene der Pupille und in der Mitte derselben, der einen Schatten wirft; so wird dieser Schatten in $c_{,}$ liegen, also in der Mitte des Sehfeldes. Denken Sie sich weiter, Sie hätten das Centrum des homocentrischen Lichtes, also die Oeffnung im Schirme, von a nach b hin bewegt, so wird der Schatten in $c_{,,}$ und, da das Sehfeld durch den Rand der Iris begrenzt ist, der in derselben Weise wandert, wie der Schatten von c, noch immer in der Mitte des Sehfeldes liegen; er wird also seinen Ort im Sehfelde behalten.

Fig. 49.



Also Objecte, deren Schatten beim Bewegen des Schirmes ihren Ort im Sehfelde behalten, liegen in der Ebene der Pupille. Denken Sie sich aber, der Gegenstand hätte nahe dem Scheitel der Hornhaut bei e gelegen, und ich hätte nun den Schirm verschoben, so wird der Schatten nun nicht mehr in der Mitte des Sehfeldes erscheinen, wie vor der Verschiebung des Schirmes, sondern er wird nach Verschiebung des Schirmes nach $e_{,}$ fallen. Er hat sich also auf der Retina im entgegengesetzten Sinne, also im Sehfelde im gleichen Sinne mit dem Loche im Schirme bewegt. Gegenstände also, die sich bei Bewegung des Schirmes im Sehfelde gleichsinnig

mit der Bewegung des Schirmes verschieben, liegen vor der Ebene der Pupille. Wir nehmen nun an, ein Gegenstand hätte in der Axe gelegen hinter der Ebene der Pupille und zwar bei q, so würde, nachdem der Schirm verschoben ist, sein Schatten in q, liegen; er würde sich in entgegengesetzter Richtung bewegt haben von der des früheren Schattenbildes. Er würde auf der Netzhaut in gleicher Richtung, im Sehfelde in entgegengesetzter mit der Bewegung des Schirmes sich verschoben haben. Gegenstände, die sich mit der Bewegung des Schirmes in entgegengesetzter Richtung im Sehfelde verschieben, liegen hinter der Ebene der Pupille, und um so mehr, je stärker sie sich verschieben. Gegenstände endlich, welche schon deutliche Schattenbilder geben, wenn man gegen einen hellen Grund sieht, das sind Gegenstände, die sehr nahe der Netzhaut liegen, denn sonst könnten sie bei einer solchen Oeffnung, wie sie die Pupille darbietet, nicht schon sichtbare Schatten werfen. Solche Schattenbilder sind z. B. die so häufigen sogenannten Perlschnurspectra.

Das homocentrische Licht, das man zum Sehen dieser entommatischen Gegenstände braucht, kann auch noch auf andere Art hergestellt werden. Es kann hergestellt werden durch das Sonnenbild, das von einer Thermometerkugel oder einer andern kleinen, glänzenden Kugel reflectirt wird. Es kann hergestellt werden dadurch, dass ich nach einer entfernten Gasflamme durch eine Sammellinse sehe und mir von derselben ein verkleinertes umgekehrtes reelles Bild verschaffe. Es kann endlich dadurch hervorgebracht werden, dass ich durch eine starke Concavlinse nach einer entfernten Gasflamme sehe und mir dadurch ein aufrechtes virtuelles Bild von der Gasflamme verschaffe, dessen Ort sich hinreichend nahe vor dem Auge befindet. Alle diese Arten haben aber keinen Vortheil vor dem Schirme mit der kleinen Oeffnung der, wenn man über einen hinreichend hellen Grund disponirt, das beste Mittel ist, um die Gegenstände im eigenen Auge zu sehen. Man sieht Gegenstände in der Hornhaut, der vorderen Augenkammer, Gegenstände, die mit der Structur der Linse zusammenhängen, Gegenstände im Glaskörper. Das ist nach den verschiedenen Augen verschieden. Heutzutage, wo man den Augenspiegel hat, sind diese Wahrnehmungen von keiner besonderen praktischen Bedeutung: früher aber konnte ein intelligenter Patient durch die entommatischen Gesichtswahrnehmungen Aufschlüsse über Dinge in seinem Auge verschaffen, die dem Arzte unzugänglich waren.

Unter gewissen Umständen ist es uns auch möglich die Gefässe unserer Netzhaut zu beobachten. Purkinje fand zuerst, dass wenn er in einen dunklen Raum hineinstarrte und dann im indirecten Sehen eine Lichtquelle z. B. eine Lampe hielt und sie hin und her bewegte, dass dann nach einiger Zeit immer deutlicher und deutlicher ein Gefässbaum ihm vor dem Auge erschien, der offenbar nichts anderes war, als der Baum der Netzhautgefässe. Es ist das die Erscheinung, welche man mit dem Namen der Purkinje'schen Aderfigur bezeichnet. Diese ist später von Heinrich Müller auch noch auf andere Weise hervorgebracht worden. Warum sehen wir die Aderfigur nicht immer, da die Gefässe doch unmittelbar auf der Netzhaut liegen und also immer ihren Schatten auf dieselbe werfen müssen? Die Antwort lautet, wir sehen sie deshalb nicht, weil für gewöhnlich der Schatten immer an dieselbe Stelle fällt, und wir

eben nur Veränderungen an unserer Netzhaut wahrnehmen, das Bleibende aber für uns ein für alle Male verborgen ist. So bemerken wir auch den blinden Fleck für gewöhnlich nicht, welcher durch die Eintrittsstelle des Sehnerven gegeben ist. Wenn nun aber im Auge irgendwo eine Lichtquelle gebildet wird, vermöge welcher die Netzhautgefässe ihren Schatten auf einen andern, auf einen ungewöhnlichen Ort werfen, dann sehen wir den Baum der Netzhautgefässe. Das geschieht beim Purkinje'schen Versuche in der Weise, dass, wenn man eine Lichtquelle im indirecten Sehen anbringt, diese auf der sonst dunklen Netzhaut irgendwo seitlich ein Flammenbild hervorbringt; von diesem geht Licht nach allen Seiten aus, und in diesem werfen die Netzhautgefässe einen Schatten am ungewöhnlichen Orte. Dieser Schatten ist es, welchen wir als Purkinje'sche Aderfigur bezeichnen.

Heinrich Müller hat dieses Flammenbild, das als Beleuchtung dienen soll, an Ort und Stelle dadurch hervorgebracht, dass er eine Sammellinse neben dem Auge aufstellte und die Strahlen einer Lichtquelle durch diese Sammellinse auf einen Punkt der Sclerotica concentrirte, so dass sie durch die Sclera und die Chorioidea hindurchgingen und auf der Netzhaut einen Lichtpunkt bildeten, von dem aus sie wieder divergirten, und so einen anomalen, sichtbaren Gefässschatten hervorriefen. Auf diese Weise kann die Purkinje'sche Aderfigur noch deutlicher zur Erscheinung gebracht werden, als nach dem Verfahren, welches Purkinje selbst eingeschlagen hatte.

Heinrich Müller hat zugleich diesen Versuch benützt, um eine wichtige Thatsache zu eruiren, die Thatsache, dass die Netzhautelemente, die als erste Angriffspunkte für das Licht dienen, nicht an der vorderen, sondern an der hinteren Fläche der Netzhaut liegen. Wir haben schon gesehen, dass die Figur deutlicher wird, wenn die Lichtquelle sich bewegt. Heinrich Müller hat seine Lichtquelle durch Hin- und Herschieben der Linse bewegt und bemerkt, dass sich dann auch die Aderfigur im Sehfelde bewegte. Nun sehen Sie leicht, dass das nicht wohl möglich wäre, wenn der Angriffspunkt für das Licht ganz vorne auf der Netzhaut liegen würde, da, wo die Gefässe selbst liegen. Wenn ich ein solches Gefäss einmal von der einen, das andere Mal von der andern Seite beleuchte, so wird dadurch die Lage des Schlagschattens in einer Ebene, die mit der, in der das Gefäss selbst liegt, nahezu zusammenfällt, nicht merklich verändert. Wenn aber die auffangende Fläche für den Schlagschatten weiter nach hinten liegt, dann fällt bei Beleuchtung von verschiedenen Seiten auch der Schlagschatten an verschiedene Orte derselben, er muss sich also auf ihr verschieben, wenn die Lichtquelle bewegt wird. Heinrich Müller mass nun die Verschiebung der Lichtquelle und zugleich auch die Verschiebung, die die Aderfigur im Sehfelde erlitt, und berechnete daraus, wie weit die auffangende Fläche hinter den Gefässen liegen müsse. Er kam zu dem Resultate, dass die auffangende Fläche in der hintersten Schichte der Netzhaut, also in der Stäbchenzapfenschichte, liegen müsse.

Der Gefässbaum ist uns für gewöhnlich nicht sichtbar, weil er sich ruhend an einem und demselben Orte befindet und seinen Schatten immer an einen und denselben Ort wirft; aber die sich bewegenden Theile, die Blutkörperchen, sind uns unter Umständen schon mit freiem Auge

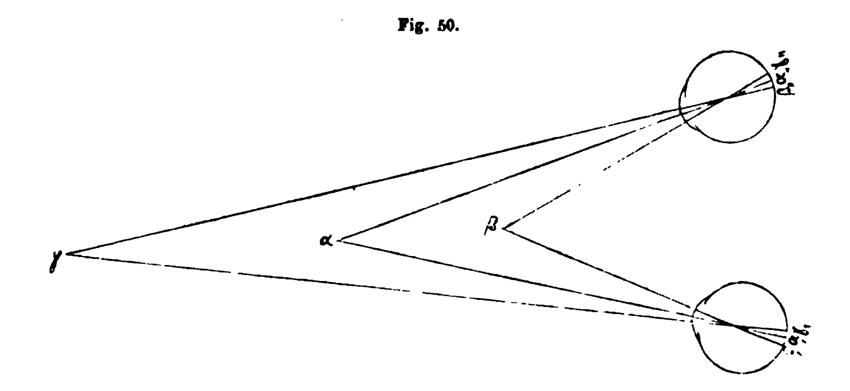
sichtbar. Wenn wir gegen einen sehr hellen Grund, z. B. gegen den hell beleuchteten Himmel sehen, so dass die Pupille sehr enge wird, dann sehen wir im Sehfelde eine Menge heller Punkte, die sich in einer gewissen Reihenfolge, mit einer gewissen Regelmässigkeit und in gewissen Richtungen bewegen. Wenn wir diese Punkte längere Zeit beobachten, so können wir kaum bezweifeln, dass dieselben dem optischen Effecte der Blutkörperchen in den Netzhautgefässen ihren Ursprung verdanken. Sie sind Schlagschatten im physikalischen Sinne des Wortes, aber man muss dabei berücksichtigen, dass Schlagschatten in Folge der Refraction und der Diffraction nicht überall dunkler sind als der Grund, auf dem sie sich abzeichnen.

Binoculäres Sehen.

Durch das binoculäre Sehen, durch das gleichzeitige Auffassen mit beiden Augen, wird es möglich, dass Fehler und Unvollkommenheiten des einen Auges bis zu einem gewissen Grade durch das andere Auge ausgeglichen werden. Ferner beruhen auf dem binoculären Sehen zum guten Theile unsere Vorstellungen von der Körperlichkeit der Dinge und im Zusammenhange damit auch die Vorstellungen von der Entfernung der Dinge von uns. Wenn wir einen Gegenstand deutlich sehen wollen, so suchen wir ihn in beiden Augen im sogenannten Centrum retinae, im Grunde der Fovea centralis retinae, abzubilden. Wir suchen also eine gedachte gerade Linie auf ihn zu richten, welche durch den zwischen den Knotenpunkten liegend gedachten Kreuzungspunkt der Sehstrahlen und durch das Centrum retinae hindurchgeht. Diese Linie nennen wir die Gesichtslinie. Die Gesichtslinie ist also von allen Sehstrahlen, das heisst von allen geraden Verbindungslinien zwischen Bild und Object, diejenige, welche das Centrum retinae im Grunde der Fovea centralis trifft. Einen Punkt im Sehfelde, auf den eine Gesichtslinie gerichtet ist, nennen wir einen Blickpunkt, und einen Punkt, auf den beide Gesichtslinien gerichtet sind, an dem also zwei Blickpunkte in einen zusammengefallen sind, bezeichnen wir mit dem Namen des Fixationspunktes, wir sagen von diesem Punkte, er sei in der Fixation. Die Stellen der Bilder der Blickpunkte, die ja in beiden Augen in den Grund der Fovea centralis, in das sogenannte Centrum retinae fallen, sind identische Stellen, d. h. ihre Eindrücke werden nicht doppelt, sondern einfach empfunden, indem wir deren Ursachen für beide Augen an einen und denselben Ort des Sehraumes versetzen. Das fixirte Object wird also einfach gesehen. Denken Sie sich der Punkt α sei der Fixationspunkt, so wird dieser in beiden Augen in der Fovea centralis retinae abgebildet und zwar in $\alpha_{,}$ und $\alpha_{,,}$. Wir sprechen hier zunächst nur von Augen, die eine normale Fixation haben, wir nehmen aus die schielenden, bei denen entweder ein Auge fest steht, oder doch nur Bewegungen in beschränkter Ausdehnung macht, oder bei denen das zweite Auge zwar dem ersten in seinen Bewegungen folgt, aber so, dass keine Fixation zu Stande kommt, dass der angesehene Punkt nicht in beiden Augen, sondern nur in einem Auge im Grunde der Fovea centralis retinae abgebildet wird. Denken Sie sich nun, es wäre diesseits von α ein zweiter Punkt β, und Sie zögen von ihm durch den Kreuzungspunkt

der Sehstrahlen zur Netzhaut hin eine Gerade, um sein Bild zu finden, so wird er in dem einen Auge in $\beta_{,,}$ im andern Auge in $\gamma_{,,}$ abgebildet werden. Er wird also in beiden Augen nach der Schläfenseite hin abgebildet werden. Das eine Auge muss ihn also im Sehfelde nach links vom fixirten Punkte versetzen, das andere Auge muss ihn nach rechts davon versetzen. Es ist also klar, dass dieser Punkt Doppelbilder geben muss, und zwar sogenannte gekreuzte Doppelbilder, indem, wenn ich das rechte Auge schliesse, das zur linken Hand liegende Doppelbild verschwindet, und, wenn ich das linke Auge schliesse, das zur rechten Hand liegende Doppelbild verschwindet. Denke ich mir umgekehrt, ich

Fig. 50.



hätte einen Punkt γ, der jenseits von α liegt, so wird dieser Punkt, wenn ich von ihm eine Gerade durch den Kreuzungspunkt der Sehstrahlen ziehe, in dem einen Auge in $\gamma_{,}$, in dem andern in $\beta_{,,}$, in jedem nach der Nasenseite hin, abgebildet. Das rechte Auge muss ihn also nach rechts von dem fixirten Punkte verlegen, und das linke nach links von dem fixirten Punkte. Ich kann also auch diesen Punkt nicht einfach sehen, sondern ich muss ihn doppelt sehen, und zwar habe ich hier sogenannte gleichsinnige Doppelbilder, indem, wenn ich das rechte Auge schliesse, das rechte Doppelbild verschwindet, und, wenn ich das linke Auge schliesse, das linke Doppelbild verschwindet.

Die Doppelbilder werden im Allgemeinen weniger deutlich gesehen als die einfachen Bilder von Gegenständen, die in der Gegend des Fixationspunktes liegen: erstens, weil jedes Doppelbild nur auf einer Netzhaut abgebildet wird, und auf der andern Netzhaut an der betreffenden Stelle etwas anderes abgebildet ist, zweitens, weil die Doppelbilder im indirecten Sehen liegen, und endlich drittens, weil das Auge für die Entfernung der Gegenstände, welche Doppelbilder geben, in der Regel nicht eingestellt ist. Für gewöhnlich und bei der Mehrzahl der Individuen stellt sich das Auge für die Entfernung ein, in welcher sie fixiren, es müssen also sowohl die Gegenstände diesseits als jenseits weniger deutliche Bilder geben. Dies letztere kann allerdings mitunter nicht der Fall sein. Es kann z. B. ein Kurzsichtiger einen ferneren Gegenstand fixiren, er kann mit der Fixation über seine Sehweite hinausgehen, so dass er zwar den Gegenstand noch einfach, aber nicht mehr deutlich

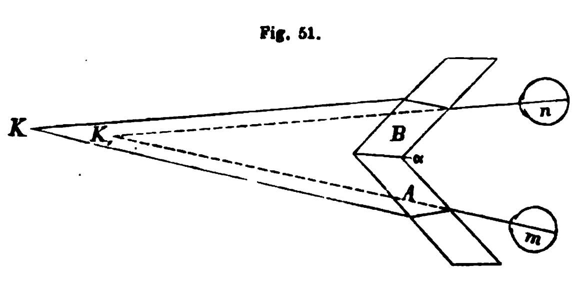
sieht: dann kann er von einem Gegenstande, der diesseits liegt, und für welchen sein Auge besser accommodirt ist, als für den fixirten, Doppelbilder haben, die nun reiner contourirt sind, als das Bild des fixirten Gegenstandes selbst. Im Allgemeinen aber folgt, wie gesagt, die Accommodation der Fixation, so dass die Accommodation sich für dieselbe Entfernung anpasst, für welche sich die Convergenz der Gesichtslinien einrichtet, das heisst für die Entfernung, in der die Gesichtslinien beider Augen einander treffen. Es hat daher seine Schwierigkeiten, und man erlangt es erst durch Uebung, die Convergenz der Sehaxen bis zu einem gewissen Grade von der Accommodation unabhängig zu machen, so dass man z. B. seine Gesichtslinien in einem verhältnissmässig nahe liegenden Punkte kreuzen und dabei doch an einer entfernten Wand deutlich sehen kann.

Wenn ich aus der Fixation für einen näheren Gegenstand in die für einen entfernteren übergehe, muss ich meine Gesichtslinien mehr parallel stellen, wenn ich aus der Fixation für einen entfernteren in die für einen näheren übergehe, muss ich meine Gesichtslinien stärker convergiren lassen. Da ich dies nun fortwährend beim Anschauen der körperlichen Welt thue, so ist es klar, dass ich hierin einen Maassstab für die Nähe und die Entfernung eines Gegenstandes habe. Schon Kepler sagt, die Linien, durch welche die Drehpunkte der beiden Augen verbunden sind, seien die trigonometrische Basis, auf Grund welcher wir die Entfernung der Gegenstände von uns abschätzen. Dass in der That das Zusammenwirken beider Augen für das Schätzen der Entfernung von Wichtigkeit ist, das sieht man an den Einäugigen. Diese schätzen freilich Entfernungen ganz gut da, wo ihnen äussere Hülfsmittel, die Gegenstände, die sich zwischen ihnen und einem bestimmten Objecte befinden u. s. w., zu Hülfe kommen: wenn sie aber dieser Hülfsmittel bar sind, und wenn zugleich die Entfernungsunterschiede nicht gross genug sind, damit sie ihnen an der Accommodation, an der Einstellung ihres Auges, fühlbar werden, dann sind sie im hohen Grade unsicher. Ich weiss von einem einäugigen Maler, der in der Anschauung und Reproduction der Objecte durchaus nicht behindert war, da ja alle Bilder so gemalt werden, als ob die dargestellten Dinge mit einem Auge gesehen wären, der aber, wenn er malen wollte, wenn er seinen Pinsel auf die Leinwand bringen wollte, nicht den Zeitpunkt wusste, in dem der Pinsel die Leinwand berührte. Er musste sich ihr mit einer gewissen Vorsicht nähern, und erst, wenn der Pinsel auf der Leinwand angelangt war, konnte er ruhig weiter malen. Wenn man Jemandem ein Auge zuhält und ihm dann eine nach der Fläche gekrümmte Scheere vorhält, so räth er nicht selten falsch, wenn man ihn fragt, ob ihm die concave oder die convexe Seite zugekehrt sei: lässt man ihn dies aber mit beiden Augen beurtheilen, so räth er nicht falsch, weil er aus dem Zusammenwirken beider Augen sieht, ob ihm das Schloss oder die Spitze der Scheere näher ist.

Rollet hat einen Apparat construirt, der in recht auffälliger Weise zeigt, wie wir je nach der Convergenz unserer Sehaxen die Entfernung schätzen. In einem Gestelle befinden sich zwei dicke planparallele Prismen A und B aus Glas. Diese sind so gegeneinander gestellt, dass sie mit einander einen rechten Winkel einschliessen. Wenn nun dem Punkte K

die Spitze des Winkels zugekehrt ist, so machen die Strahlen um zu den Augen *m* und *n* zu gelangen einen Weg, wie er in Fig. 51 dargestellt ist. Sie gelangen also zum Auge, als ob sie von dem näherliegenden Punkte K_1 ausgegangen wären. An einem Drahte befinden sich nun in *K* übereinander zwei ganz gleiche Holzschienen, die an demselben so angebracht sind, dass die eine durch die Prismen, die andere gleichzeitig mit freien Augen gesehen werden kann. Dann erscheint die, welche durch die Prismen gesehen wird, näher und kleiner als die andere. Nun kehrt man die Prismen um, so dass der Winkel gegen das Object hin offen und gegen das Gesicht des Beobachters geschlossen ist. Dann erscheint umgekehrt die durch die Prismen gesehene Schiene grösser und entfernter als die andere. Dass jedesmal die Schiene, die uns entfernter erscheint, sich als die grössere darstellt, beruht darauf, dass unser Urtheil über die Grösse eines gesehenen Objects auf Grundlage der Grösse des Netzhautbildes und der Entfernung, welche wir dem Objecte zuschreiben, gefällt wird.

Fig. 51.



Wenn wir also in der Convergenz unserer Sehaxen eine Grundlage für das Schätzen der Entfernungen haben, so muss ja damit auch unsere ganze räumliche Vorstellung und das ganze körperliche Sehen überhaupt zusammenhängen. Dies ist auch in der That der Fall. Diese Grundlage verliert aber immer mehr an Sicherheit, je grösser die Entfernung wird, weil zuletzt unsere trigonometrische Basis für die zu messende Entfernung zu klein wird, und darum sind wir später, um ein Urtheil über die Entfernung abzugeben, auf andere Dinge angewiesen, auf die sogenannte Luftperspective, auf die scheinbare Grösse bekannter Gegenstände, auf die Menge der Gegenstände, welche sich zwischen uns und den Gegenständen befinden, deren Entfernung wir schätzen. Es stellt sich dabei heraus, dass wir, je mehr uns unser erstes Hülfsmittel und diese weiteren Hülfsmittel im Stiche lassen, um so mehr die Entfernung unterschätzen, niemals überschätzen. Wenn man eine entfernte Gebirgskette ansieht, wenn Sie z. B. auf die hohe Warte gehen und die kleinen Karpathen ansehen, so erscheint es, als ob diese Berge steil anstiegen, während sie in der That schwach geneigte Abhänge haben. Wenn Sie Gebirgsketten hintereinander aufsteigen sehen, so erscheinen sie, auch wenn sie meilenweit von einander entfernt sind, coulissenartig hinter einander aufgestellt zu sein. Erst wenn Sie sich ihnen nähern, so sehen Sie, dass sie mit verhältnissmässig sanften Abdachungen ansteigen, dass weite Thäler zwischen ihnen liegen, kurz, dass Sie grosse Entfernungen in auffälligster Weise unterschätzt haben, weil Ihnen eben die gewöhnlichen Mittel abhanden gekommen sind, vermöge welcher wir Entfernungen schätzen.

Stereoskope.

Mit diesem körperlichen Sehen, damit, dass wir die Entfernung der Gegenstände nach der Convergenz unserer Sehaxen bemessen, hängt ein Instrument zusammen, welches von dem englischen Physiker **Wheatstone** in seiner ersten Gestalt erfunden wurde, das Stereoskop. Das ursprüngliche Wheatstone'sche Stereoskop besteht aus zwei Spiegeln, welche unter nahezu rechtem Winkel aneinander gelegt sind, und aus zwei seitlichen Laden, in welchen perspectivische Zeichnungen eines und desselben Gegenstandes eingeschoben werden, aber perspectivische Zeichnungen der Art, dass das eine Mal der Gegenstand gezeichnet ist, wie er mit dem rechten Auge gesehen wird, und das andere Mal der Gegenstand gezeichnet ist, wie er mit dem linken Auge gesehen wird. Wenn man nun die eine Zeichnung, die für das rechte Auge, an die rechte, und die für das linke Auge an die linke Seite legt; so entstehen Spiegelbilder, die im Sehfelde übereinander fallen, und aus diesen Spiegelbildern entsteht uns das Relief des Körpers, wir glauben den Körper selbst vor uns zu sehen.

Fig. 52.

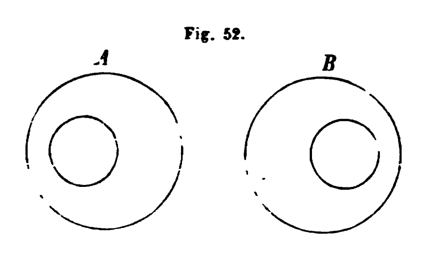
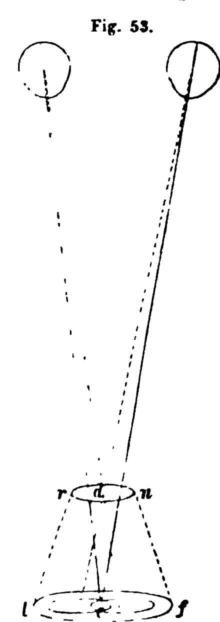


Fig. 53.



Wir wollen mit einem recht einfachen Gegenstande beginnen. Denken Sie sich, Sie hätten einen abgestumpften Kegel, und Sie bringen ihn der Nasenwurzel gegenüber ziemlich nahe vor die Augen, so wird er jedem der beiden Augen als aus zwei Kreisen bestehend erscheinen, einem grösseren, der der Basis entspricht, und einem kleineren, der der Abstumpfungsfläche entspricht. Diese Abstumpfungsfläche wird aber für beide Augen nach verschiedenen Seiten aus dem Centrum gerückt sein. Nun denken Sie sich zwei entsprechende Zeichnungen, *A* und *B*, Fig. 52, eine für das rechte und die andere für das linke Auge ins Stereoskop gelegt, so fallen ihre Spiegelbilder, wie in *l c f* Fig. 53 im Sehfelde übereinander. Denken Sie sich weiter, Ihre Gesichtslinien convergirten zunächst für den Punkt *c* so, dass die beiden grossen Kreise auf identischen Stellen der Netzhäute abgebildet würden, und im Sehfelde in den hier perspectivisch gezeichneten Kreis *l f* zusammenfielen: dann bildet sich der kleine Kreis in den beiden Augen auf verschiedenen, auf nicht identischen Stellen der Netzhäute ab. Sie müssen, um ihn einfach zu sehen, Ihre Gesichtslinien convergiren lassen für einen näheren Punkt, für *d*, und die Folge davon ist, dass Sie die Entfernung dieser beiden, jetzt in einen zusammenfallenden Kreise geringer schätzen als sie ist. Es schiebt sich der kleinere einfach gesehene Kreis

vor den grösseren, es ist als ob er in *r n* läge, und ich habe dadurch das Bild eines abgestumpften Kegels *l r n f* im Relief. Wenn wir gefragt werden, warum wir denn hiebei über die Doppelbilder hinwegsehen und eben nur die einfachen Gesichtseindrücke wahrnehmen, so lautet die Antwort darauf, dass wir das immer thun: denn wir sehen ja, wenn wir die Aussenwelt ansehen, viel mehr Doppelbilder als einfache Bilder, und nichtsdestoweniger nehmen wir von diesen nichts wahr. Wir nehmen nur die einfachen Gesichtseindrücke wahr, und es bedarf einer besonderen Anstrengung, einer besonderen Ueberlegung, um die Doppelbilder wahrzunehmen, zum Bewusstsein zu bringen. Wenn ich die Doppelbilder wahrnehmen will, dann muss ich erst einen Punkt ganz fest fixiren, so dass meine Gesichtslinien fest in ihm vereinigt sind, und nun muss ich mir erst geflissentlich die entstehenden Doppelbilder zur Anschauung bringen. Gerade dasselbe geschieht auch hier im Stereoskop. Wenn ich meine Gesichtslinien fest und dauernd für eine bestimmte Entfernung einstelle, so fällt das Relief in zwei Flachbilder auseinander. Manchmal sieht man im ersten Augenblicke, wenn man in das Instrument hineinsieht, die Doppelbilder, aber meistens nach verhältnissmässig kurzer Zeit vereinigen sie sich vollständig miteinander. Wir sehen also beim ruhigen stereoskopischen Sehen gerade so, wie beim Sehen der körperlichen Dinge der Aussenwelt mit schwankenden Sehaxen, das heisst, wir gehen bald aus einer näheren Fixation in eine entferntere und umgekehrt über und sehen also die verschiedenen Theile der Zeichnung nacheinander einfach. Aus den veränderlichen, aus den wandernden Bildern auf unseren Netzhäuten entsteht für uns die Vorstellung des Körperlichen, des Vertieften und des Erhabenen.

Dieser Anschauung steht anscheinend eine vielfach bestätigte Thatsache entgegen. Dove hat gezeigt, dass man Gegenstände auch stereoskopisch sieht in einem so kurzen Zeitraume, dass in diesem gar kein merkliches Schwanken der Sehaxen stattfinden kann. Wir wissen, dass der electrische Funke eine sehr kurze Zeit dauert, dass ein sich drehender Farbenkreisel, der durch denselben beleuchtet wird, stillzustehen scheint. Man kann also sicher sagen, dass die Gesichtslinien keine merkliche Bewegung während der Dauer des electrischen Funkens machen können, und doch erblickt man, wenn man in das Stereoskop hineinsieht, beim Lichte des electrischen Funkens die Gegenstände, wenn nicht immer, doch häufig noch körperlich. Diese Beobachtung steht anscheinend nicht in Uebereinstimmung mit der Vorstellung, die wir uns bis jetzt gemacht haben, mit der, dass wir die näheren Gegenstände dadurch einfach sehen, dass wir die Gesichtslinien stark convergiren lassen, dass wir sie dann für die entfernteren weniger stark convergiren lassen, und dass hieraus uns die Idee von der dritten Dimension, von der Tiefe des Raumes erwächst. Die Sache ist aber folgende. Eine Gesichtswahrnehmung muss, um vorgestellt zu werden, zu einem bestimmten concreten Abschluss gelangen. Das Gehirn übernimmt es, das, was an dem unmittelbaren Sinneseindruck mangelhaft ist, zu ergänzen. Wir könnten nach dem momentanen Sinneseindrucke erst einmal die Doppelbilder sehen, welche thatsächlich diesen momentanen Sinneseindruck darstellen. Ueber Doppelbilder aber sind wir unser ganzes Leben lang gewöhnt hinwegzusehen, die nehmen wir nur mit Schwierigkeit wahr, wir müssen

erst einen bestimmten Punkt fixiren, damit uns die übrigen Punkte, die näher oder ferner liegen, in Doppelbilder auseinanderweichen. Dass der momentane Gesichtseindruck den Erfolg haben wird, die Doppelbilder zur Anschauung zu bringen, ist also keineswegs wahrscheinlich, und in der That hat er auch diesen Erfolg nur bei einzelnen Individuen oder unter gewissen künstlich hergestellten Bedingungen, die dem Erscheinen von Doppelbildern besonders günstig sind. Welch' andern kann er dann haben? Er kann den Anstoss zu einer räumlichen Vorstellung geben, gerade so, wie, wenn wir die Augen öffnen und die Dinge um uns im ersten Momente erblicken, wir auch nur den ersten Anstoss zu der räumlichen Vorstellung haben und diese dann erst weiter vervollständigen. In unserem Gehirne gehen die Dinge, wie in einem Kaleidoskop. Wenn der erste Anstoss erfolgt ist, wenn die Dinge ins Rutschen gekommen sind, so muss immer eine in sich abgeschlossene Figur entstehen, und eben diese ist hier die Vorstellung vom Relief. Es geben daher schon die beiden perspectivischen Ansichten, die wir von dem Körper bekommen, dadurch dass wir ihn mit dem rechten und zugleich auch mit dem linken Auge ansehen, das Materiale für die ganze räumliche Vorstellung ab, und das Schwanken der Sehaxen ist nicht absolut nothwendig, um sie zum Bewusstsein zu bringen. Man darf sich dies nicht so vorstellen, als ob man aus den beiden perspectivischen Flachbildern das Relief abstrahire, denn das würde voraussetzen, dass diese Flachbilder als solche wahrgenommen werden, was thatsächlich nicht der Fall ist. Man muss sich vorstellen, dass die beiden Bilder im Gehirn den Anstoss zu einer Reihe von Vorgängen geben, die denen analog sind, welche beim dauernden Anschauen des Körperlichen statthaben.

Hiermit hängt es auch zusammen, dass wir den Eindruck des Körperlichen viel weniger entschieden und energisch bei momentaner Beleuchtung eines Gegenstandes haben, als wir ihn bei dauerndem Ansehen desselben Gegenstandes erhalten. Wenn wir ein Zimmer mit den Gegenständen, die darin sind, mittelst eines electrischen Funkens beleuchten, so sehen wir alle Dinge im Zimmer, wir sehen sie qualitativ nicht anders, als wie wir sie sonst sehen, wir sehen sie nicht etwa in Doppelbildern, weil wir keine Zeit haben, solche zu entwickeln. Es erwächst uns die allgemeine Vorstellung von den körperlichen Dingen, wie sie im Zimmer verbreitet sind, aber sie erwächst uns nicht mit der Vollkommenheit, mit der Schärfe, mit welcher wir den Eindruck haben, wenn wir alle diese Gegenstände nach einander in Fixation bringen können. In derselben Weise unterscheidet sich das stereoskopische Sehen, das heisst das Sehen der Trugbilder im Stereoskop, bei momentaner Beleuchtung und bei dauernder. Wenn ich bei momentaner Beleuchtung in das Stereoskop sehe, so nehme ich meistens kein Doppelbild wahr, ich bringe die verschiedenen Ansichten, die beide Augen wahrnehmen, auch zu einem Körperlichen zusammen; aber dieses Körperliche hat etwas Schemenhaftes, es hat nicht die Bestimmtheit, welche es gewinnt, wenn man dauernd in das Stereoskop hineinsieht. Wenn man sich aufmerksam beobachtet, wird man bemerken, dass, wenn man im ersten Momente hineinblickt, die Vorstellung des Körperlichen auch nicht so scharf hervortritt, als nachdem man bereits kurze Zeit hineingesehen. Wenn man Zeit gehabt, die verschiedenen Theile der Bilder durch verschiedene Convergenz zur Deckung

u bringen, dann vertieft sich das Ganze, dann bekommt man die volle Vorstellung von der Räumlichkeit der Objecte.

Damit, dass schon die beiden perspectivischen Ansichten, die die beiden Augen haben, an und für sich genügen, um in unserer Vorstellung das Körperliche aufzubauen, hängt es zusammen, dass wir, wie Hering gezeigt hat, den Eindruck des Räumlichen unter Umständen haben, wo wir dem Gegenstande auch bei dauernder Beleuchtung nicht mit der Convergenz unserer Sehaxen folgen können. Denken Sie sich, ich hielte einen Stab in einer gleichen Entfernung von beiden Augen und drehte ihn in der Medianebene so, dass sich mir das obere Ende nähert, das untere von mir entfernt, so werde ich diese drehende Bewegung wahrnehmen. Ich werde bemerken, dass sich das obere Ende des Stabes mir zudrehe, und dass das untere Ende des Stabes sich von mir entferne; und doch könnte ich ja nicht gleichzeitig meine Gesichtslinien stark convergiren lassen, um das nähere Ende des Stabes einfach zu sehen, und zu gleicher Zeit schwächer, um das entferntere Ende desselben einfach zu sehen. Hering hat im Stereoskop eine solche Bewegung als Scheinbewegung zu Stande gebracht, indem er die Bilder eines solchen Stabes in entsprechender Weise in den Bildebenen bewegte. Auch hier kommt derselbe Effect zu Stande, auch hier hat man die Scheinbewegungen, obgleich man thatsächlich nicht gleichzeitig das eine und gleichzeitig das andere Ende des Stabes hat zur Vereinigung bringen können.

Der Einfluss zweier verschiedener perspectivischer Ansichten macht sich auch geltend, wenn beide nach einander einem und demselben Auge dargeboten werden. Wenn man unter dem einfachen Mikroskope eine Gefässinjection betrachtet, so sieht man sie körperlich, das heisst so, wie man etwa auch ein gut gemaltes Bild körperlich sehen würde; aber der Eindruck des Körperlichen wächst und drängt sich uns mit unwiderstehlicher Gewalt auf, sobald wir das Auge hin und her bewegen und uns so nach einander verschiedene perspectivische Bilder der Injection verschaffen. Wir ziehen eben unbewusste Schlüsse aus allen Sinneseindrücken, aus welchen sie gezogen werden können, und die ganze Welt unserer Vorstellungen setzt sich aus solchen Schlüssen zusammen.

Es fragt sich nun, was geschieht, wenn ich beiden Augen Dinge darbiete, die sie überhaupt nicht zur Vereinigung bringen können. Wenn ich z. B. dem einen Auge im Stereoskope einen Kreis darbiete, in welchen ein *S* gezeichnet ist, und dem andern Auge einen Kreis, in welchen ein *T* gezeichnet ist? Dann werde ich freilich im gemeinsamen Sehfelde die beiden Kreise zur Deckung bringen, aber die beiden Buchstaben kann ich natürlich nicht in einen gemeinsamen Eindruck vereinigen. Nun entsteht der sogenannte Wettstreit der Sehfelder, man sieht momentan beide Buchtaben, aber schwächer gezeichnet als den umgebenden Kreis: dann verschwindet abwechselnd der eine und der andere, manchmal bricht auch der eine entzwei, dann der andere, so dass man von jedem derselben ein Stück sieht.

Was geschieht, wenn das eine Auge hell sieht da, wo das andere dunkel sieht. Dann hat man auch zwei Eindrücke, welche man nicht zur Vereinigung bringen kann. Nehmen wir an, ich hätte die beiden Bilder *A* und *B* Fig. 54. Die eine Pyramide hat schwarze Flächen und weisse Kanten, die andere hat weisse Flächen und schwarze Kanten.

Ich stecke beide in das Stereoskop, um sie zur Vereinigung zu bringen. Dann sehe ich eine graue Pyramide, die aber glänzt. Sie sieht aus, als sei sie aus Graphit geschnitten.

Es fragt sich, woher kommt hier der Eindruck des Glanzes? Der Eindruck des Glanzes stammt aus einem unbewussten Schlusse. Wenn ich einen matten Körper ansehe, so sind zwar die beiden Netzhautbilder in ihren Zeichnungen ungleich, aber sie sind insofern einander ganz ähnlich, dass überall, wo das eine Auge dunkel sieht, das andere Auge auch dunkel sieht, und wo das eine Auge hell sieht, auch das andere hell sieht. Anders verhält es sich bei glänzenden Gegenständen. Vermöge der Spiegelung werden hier Partien, die von dem einen Auge hell gesehen werden, von dem andern Auge dunkel gesehen und umgekehrt. Jetzt biete ich nun meinen Augen Bilder dar, durch welche das eine Auge gezwungen ist, da hell zu sehen, wo das andere dunkel sieht. Dann heisst es in mir: So etwas ist mir niemals passirt, wenn ich auf einen matten Gegenstand gesehen habe, so etwas ist mir nur passirt, wenn ich auf einen glänzenden Gegenstand gesehen habe, und folglich urtheile ich mittelst eines unbewussten Schlusses, dass der Körper, den ich unter dem Stereoskope sehe, glänze. Hierauf beruht es auch, dass in den stereoskopischen Bildern der wirkliche Glanz der Gegenstände wiedergegeben wird, mit einer Wahrheit, mit der ihn ein Flachbild niemals wiedergibt. Man hat stereoskopische Bilder italienischer Interieurs z. B. aus dem Vatican, in denen sich geschliffene Marmorsäulen und Fussböden befinden, die glänzen. Wenn man die stereoskopischen Bilder mit freiem Auge ansieht, so bemerkt man an ihnen nichts anderes, als an jeder anderen Photographie; wenn man sie aber in das Stereoskop hineinlegt, so erscheint der geschliffene Marmor wirklich glänzend, einfach deswegen, weil Licht und Schatten in den beiden stereoskopischen Bildern nicht gleichmässig vertheilt sind, und wir deshalb mit einem Auge an derselben Stelle dunkel sehen, an der wir mit dem andern hell sehen. Es wird also hier im Stereoskope die Vorstellung des Glanzes nach denselben Principien in uns erzeugt, wie sie durch das Anschauen der Gegenstände selbst erzeugt wird. Man hat sich dies zu Nutze gemacht, um eine Täuschung bei andern Interieurs hervorzubringen, in denen hängende Glaslustres dargestellt sind. Um die glänzenden Punkte der facettirten Gläser hervortreten zu lassen, hat man nur in einem stereoskopischen Bilde, die Lichtpunkte an denselben durchgeprickelt, so dass diese besonders hell sind, und

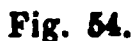


Fig. 54.





A *B*

also an gewissen Stellen das eine Auge besonders hell, das andere dunkler sieht, und folglich wiederum die Vorstellung des Glanzes in uns wachgerufen wird. Auch wenn Sie farbige Zeichnungen auf farbigem Grunde durch farbige Gläser ansehen, können Sie sich dadurch die Vorstellung des Glanzes hervorrufen. Einen solchen Versuch hat Dove angegeben, von dem auch der früher erwähnte Glanzversuch herrührt. Er führte eine blaue Zeichnung auf rothem Grunde aus und sah sie an, indem er vor das eine Auge ein rothes und vor das andere ein blaues Glas setzte. Dabei erscheint durch das rothe Glas die blaue Zeichnung beinahe schwarz, der rothe Grund aber hell, während durch das blaue Glas der rothe Grund sehr dunkel und die blaue Zeichnung hell erscheint. Sieht man durch beide gleichzeitig, so scheint die ganze Figur zu glänzen.

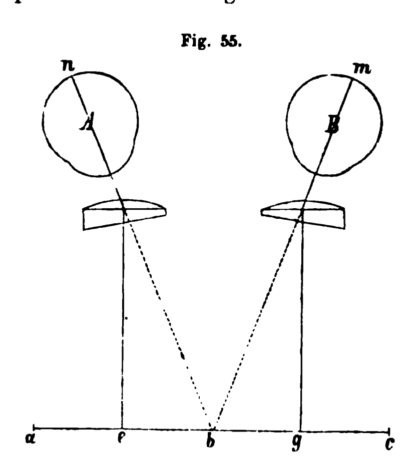
Was geschieht, wenn ich ohne grossen Helligkeitsunterschied beiden Augen verschiedene Farben darbiete? Ich kann dies im Stereoskope thun. Ich mache zwei Tafeln, die in der Weise farbig sind, dass jede ein rothes und ein blaues Feld hat, und auf der einen das rothe Feld breiter ist, als das blaue Feld, auf der andern das blaue breiter als das rothe. Wenn ich diese beiden im Stereoskope zur Vereinigung bringe, dann habe ich auf der einen Seite einen Streifen, der roth ist, und auf der andern Seite einen Streifen, der blau ist. In der Mitte muss das Resultat desjenigen Eindrucks sein, der dadurch hervorgebracht wird, dass das eine Auge von blau, das andere von roth getroffen wird. Dieser Eindruck ist violett. Die Farben kommen also zur Mischung. Man kann das noch auf andere Weise wahrnehmen. Man bringt ein blaues Glas vor das eine Auge und ein gelbes vor das andere Auge. Da hat man freilich anfangs einen Wettstreit der Sehfelder, man sieht bald blau, bald gelb. Wenn man aber einen bestimmten Punkt auf weissem Grunde fest fixirt, so verschwinden alle Farben, das Gelb und das Blau compensiren sich, und man hat blos den Eindruck, als ob man durch eine Rauchbrille sähe. Sobald man das eine oder das andere Auge schliesst, treten natürlich die Farben wieder hervor.

Also, zwei Farben, von welchen die eine das eine Auge, die andere das andere Auge trifft, bringen ihre Mischfarbe hervor, beziehungsweise, wenn es complementäre Farben sind, heben sie einander auf. Das ist ein Satz von grosser Tragweite, weil er von vorneherein alle physikalischen Erklärungen, alle Erklärungen nach dem Principe der Interferenz, für die Farbenmischung ausschliesst. Denn es ist klar, dass um Interferenz hervorzubringen, die Wellenzüge als solche auch wirklich zusammenkommen müssen. Wenn die Mischung auch hervorgebracht wird, indem die eine Farbe nur die eine Netzhaut, und die andere Farbe nur die andere Netzhaut trifft, so geht daraus mit Sicherheit hervor, dass die Farbenmischung kein physikalischer, sondern ein physiologischer Process ist.

Das Stereoskop selbst, das für die Theorie des binoculären Sehens so fruchtbar geworden ist, ist in seiner Construction wesentlich verändert worden, und zwar ist die jetzt gebräuchliche Construction von Brewster angegeben. Das Brewster'sche Stereoskop ist ein dioptrisches Stereoskop. Denken Sie sich, es lägen zwei stereoskopisch zu vereinigende Zeichnungen so vor Ihnen, dass die entsprechenden Punkte der Zeichnungen

keine grössere Entfernung von einander hätten, als die Drehpunkte Ihrer beiden Augen. Wenn Sie nun Ihre Gesichtslinien für die unendliche Ferne einstellen, und einen Schirm dazwischen bringen, so dass Sie mit dem einen Auge nur die eine, mit dem andern Auge die andere Zeichnung sehen, so müssten diese im Sehfelde zusammenfallen. Nun liegt es erstens nicht in Jedermanns Macht, seine Gesichtslinien willkürlich parallel zu stellen, und zweitens würde bei einem Versuche in dieser Gestalt auch die Ausdehnung der Zeichnungen sehr beschränkt sein. Wenn die correspondirenden Punkte einmal weiter von einander rückten, als die Drehpunkte unserer Augen von einander entfernt sind, so sollten wir unsere Gesichtslinien divergirend stellen, um sie zu vereinigen, und das können wir in der Regel nicht. Es gibt aber ein leichtes Hülfsmittel, um diese Zeichnungen, die nebeneinander liegen, im Sehfelde übereinander fallen zu lassen. Denken Sie sich *a e b* und *b g c* seien die Zeichnungen, denken Sie sich, *A* und *B* seien meine beiden Augen, und ich lege vor jedes Auge ein Prisma mit der brechenden Kante nach der Nasenseite hin, also umgekehrt von der Lage, in welche wir die prismatischen Gläser für unsere prismatischen Brillen bringen: so werden die Strahlen *e n* und *g m* in der Weise gebrochen werden, wie es die Figur 55 zeigt, *e* wird für das Auge *A* nach *b*, *g* wird für das Auge *B* auch nach *b* verschoben werden, und jetzt fallen die beiden Zeichnungen im Sehfelde übereinander. Jetzt kann ich mir die Zeichnungen noch vergrössern, indem ich mir auf jedes Prisma noch eine planconvexe Sammellinse klebe, wie dies in der Figur 55 dargestellt ist. Dann sehe ich diese beiden Bilder durch eine Lupe an. Nun kann ich aber von vorneherein, und das geschieht thatsächlich, zwei prismatische Sammelgläser schleifen und diese gleich benützen, erstens um die Zeichnungen zu vergrössern, zweitens um ihre Bilder in der Weise im Sehfelde zu verschieben, dass sie im Sehfelde übereinander fallen. Wenn Sie sich also denken, Sie nehmen aus einer Dissectionsbrille die Gläser heraus und drehen sie so herum, dass das, was in der Brille an der Schläfenseite war, jetzt an der Nasenseite liegt, so haben Sie Gläser, wie sie in das Brewster'sche Stereoskop hineingehören.

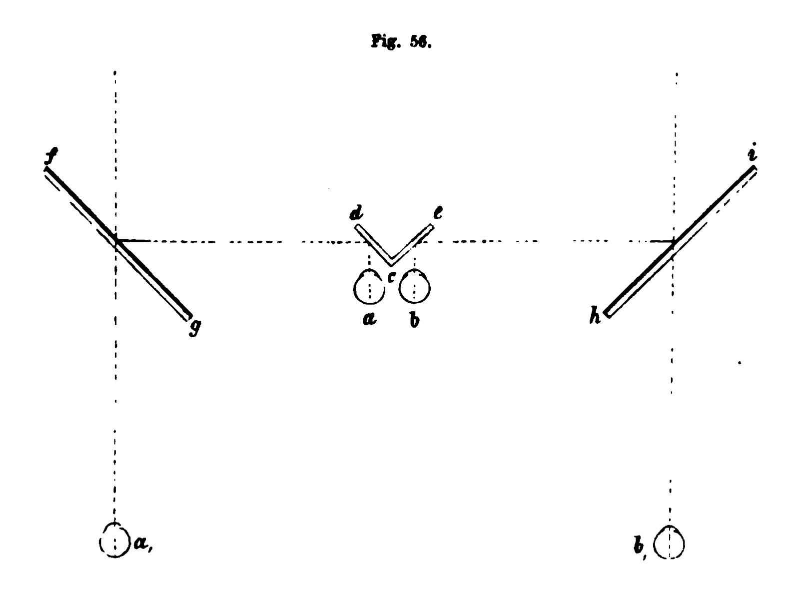
Fig. 55.



Helmholtz hat noch ein sogenanntes Telestereoskop construirt. Dieses besteht aus zwei Spiegeln, *c d* und *c e*, und aus zwei anderen Spiegeln *g f* und *h i*. Nun denken Sie sich *a* wäre das linke Auge und *b* das rechte, und ich sehe in diese Spiegel hinein, so werden sich entfernte Gegenstände durch doppelte Reflexion spiegeln. Das Auge *a* wird diese Gegenstände in derselben Weise sehen, wie das von ihm selbst durch doppelte Reflexion erzeugte Spiegelbild *a*, die Dinge sehen würde. Und das Auge *b* wird die Dinge sehen, wie sie sein durch doppelte Reflexion erzeugtes Spiegelbild *b*, sehen würde. Es ist also so, als ob

sich die beiden Augen viel weiter von einander entfernt, das eine in $a_{,,}$ das andere in $b_{,,}$ befänden. Die trigonometrische Basis, von welcher aus ich Entfernungen schätze, ist vergrössert, und ich sehe jetzt Gegenstände, die ich früher unter einem kleinen Convergenzwinkel der Gesichtslinien

Fig. 56.



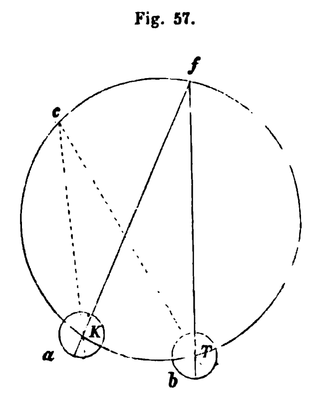
gesehen habe, unter einem viel grösseren. Ich werde daher entsprechend dem grösseren Convergenzwinkel der Gesichtslinien, die Gegenstände für viel näher halten. Ich werde, da ich sie für näher halte, sie auch für kleiner halten, und weil die Ungleichheit der Netzhautbilder in beiden Augen jetzt viel grösser ist, als wenn ich mit freiem Auge sehe, so werde ich auch die Tiefendimensionen viel besser beurtheilen können, als ich es früher gekonnt, indem viel grössere Veränderungen im Convergenzwinkel meiner Gesichtslinien nothwendig sind, um einmal einen ferneren und ein anderes Mal einen näheren Punkt in die Fixation zu bringen. Ich werde die Gegenstände sehen, als ob sie in kleinen, in zwerghaften Dimensionen ausgeführt und nahe vor mir wären.

Horopter.

Wir haben uns bis jetzt immer begnügt zu sagen: Wenn ein Gegenstand weiter von uns entfernt ist als der Fixationspunkt, wird er doppelt gesehen, und wenn ein Gegenstand näher ist als der Fixationspunkt, so wird er auch doppelt gesehen. Nun fragt es sich, welche Punkte zwischen den entfernteren und den näheren werden denn ausser dem Fixationspunkte einfach gesehen? Denken Sie sich, ich hätte in *a* mein linkes Auge nnd in *b* hätte ich das rechte; *f* sei der Fixationspunkt. Denke ich mir durch die Drehpunkte meiner beiden Augen und durch den Fixationspunkt einen Kreis, und untersuche ich, ob mir der Punkt *c* in demselben einfach oder doppelt erscheinen muss, so finde ich, dass ich

beide Augen um gleich viel Grade nach links wenden müsste, um ihn in die Fixation zu bekommen, denn cKf und cTf sind Peripheriewinkel auf demselben Bogen. Er wird also beiden Augen um gleichviel nach links von dem einfach gesehenen Fixationspunkte f und somit auch einfach erscheinen. Auf dieselbe Weise lässt sich für jeden anderen Punkt dieses Kreises darthun, dass er einfach gesehen werden muss. Der Kreis ist der Horopterkreis von Joh. Müller, indem wir mit dem Namen Horopter den Inbegriff der Punkte bezeichnen, die gleichzeitig einfach gesehen werden.

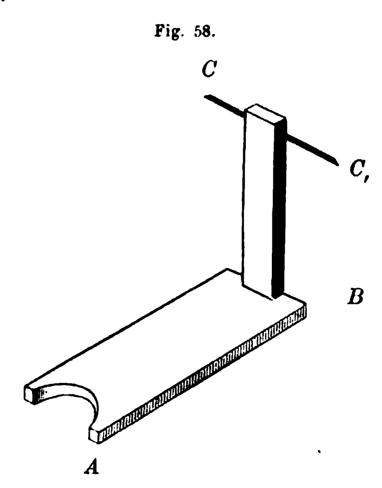
Fig. 57.



Nun denken Sie sich, ich hätte in f, eine senkrechte Linie aufgerichtet, wobei vorausgesetzt ist, dass f hier in der Medianebene liegen soll, die ich mir durch meinen Kopf hindurchgelegt denke. Dann wird wenn ich irgend einen Punkt dieser Linie betrachte, für beide Augen dieselbe Bewegung nach aufwärts oder dieselbe Bewegung nach abwärts nothwendig sein, um den Punkt in die Fixation zu bringen; er wird also für beide Augen senkrecht über, oder senkrecht unter dem Fixationspunkte liegen und für beide Augen gleich hoch über dem Fixationspunkte oder gleich tief unter ihm. Alle Punkte dieser Linie müssen somit von beiden Augen an einem und demselben Orte und somit einfach gesehen werden.

Nun haben aber die Untersuchungen von Helmholtz und von Hering gezeigt, dass dieser Horopter nur für einen speciellen Fall gilt. Diesen Fall müssen wir jetzt näher definiren. Es gibt für jedes Auge eine Lage, welche man die Primärlage nennt. An diese Lage knüpft sich ein wichtiges Gesetz über die Augenbewegungen, das von Listing aufgestellt wurde und nach ihm das Listing'sche Gesetz genannt wird. Dieses Gesetz sagt uns, dass, wenn ein Auge sich in der Primärlage befindet und in irgend eine andere Lage übergeht, es sich jedesmal um eine Axe dreht, welche auf einer Ebene senkrecht steht, die der alten Gesichtslinie und der neuen Gesichtslinie gemeinschaftlich ist, in der sowohl die alte als die neue Gesichtslinie liegt. Diese Primärlage des Auges lässt sich ermitteln, indem man auf einem Brettchen AB ein zweites Holzstück in der Weise befestigt, wie es Fig. 58 nach Helmholtz zeigt. Bei A wird auf beiden Seiten Siegellack aufgeträufelt, in das man, wenn es zu erhärten beginnt, die Zähne hineinbeisst, damit das Brettchen ein für alle Mal dieselbe

Fig. 58.



Lage gegen den Kopf des Beobachters behält. Nun bringt man an dem aufrechtstehenden Holzstücke den verschiebbaren Papierstreifen $CC_{,}$ an, der, je nachdem man kurzsichtig oder weitsichtig ist, näher oder weiter vom Auge entfernt sein muss. Dann blickt man nach einem entfernten Punkte und lässt die Doppelbilder dieses Papierstreifens so übereinander fallen, dass sie sich mit ihren Enden decken. Dann schneidet man so lange ab, bis die Enden der Bilder sich gerade berühren, und somit die Länge des Papierstreifens gerade der Entfernung der Drehpunkte der beiden Augen von einander gleich ist. Jetzt ist das Instrument zugerichtet und man kann darangehen die Primärstellung für die Augen aufzusuchen. Zu dem Ende befestigt man an einer entfernten Tapetenwand, an der horizontale und verticale Linien kenntlich sein müssen, einen lebhaft gefärbten horizontalen Streifen z. B. ein lebhaft gefärbtes Band, und blickt mit dem einen Auge an der Spitze $C_{,}$ vorbei, indem man zugleich das Band so lange fixirt, dass ein Nachbild entstehen muss. Nun lässt man das Auge nach aufwärts und nach abwärts blicken: es muss dann das Nachbild horizontal bleiben, und wenn man horizontal nach rechts oder nach links blickt, so muss man wieder ein horizontales Nachbild erhalten. Man verschiebt den Streifen $CC_{,}$ so lange bis dies erreicht ist, und nun ist die Primärstellung für das eine Auge gefunden und fixirt durch den Ort des Auges und den Ort von $C_{,}$, durch den die Gesichtslinie in der Primärstellung hindurchgeht. In analoger Weise bestimmt man die Primärstellung des anderen Auges. Wenn ich mir durch die beiden Gesichtslinien in der Primärstellung eine Ebene gelegt denke, so habe ich die Visirebene, die Blickebene in der Primärlage. Nun haben Hering und Helmholtz gefunden, dass dieser Horopter, wie ich ihn früher auseinandergesetzt habe, nur für den Fall gilt, in dem die Visirebene in der Primärlage ist, und in dem zugleich der Fixationspunkt in der Medianebene liegt. Für alle andern Stellungen ändert sich dieser Horopter; er ist in seiner allgemeinsten Form die Durchschnittslinie zweier Oberflächen vom zweiten Grade, und man kann ihn sich auf einen Cylinder gezeichnet denken als eine Linie, die erst senkrecht, das heisst parallel der Cylinderaxe, nach abwärts geht, dann eine Biegung macht, um den ganzen Cylinder zu umkreisen, und dann wieder eine Biegung macht, um weiter senkrecht nach abwärts zu gehen. Der Kreishoropter mit der verticalen Linie ist nur ein specieller Fall des allgemeinen Horopters, der dadurch entsteht, dass die Schleife, mit der er den Cylinder umkreist, sich schliesst und so die aufsteigende und die absteigende Branche sich zu einer geraden Linie vereinigen.

Das Gehör.

So wie wir bei allen Erregungen des N. opticus immer Lichtempfindung hatten, so haben wir bei allen Erregungen des N. acusticus Gehörsempfindungen. Die gewöhnlichen Wahrnehmungen, welche demselben zukommen, sind Erschütterungen, die ihn in Gestalt von Schallwellen treffen. Aber auch alle andern wirksamen Erregungen rufen in ihm Gehörsempfindungen hervor. So kann der N. acusticus pathologisch

erregt sein. Am häufigsten geschieht dies in der Weise, dass man für kurze Zeit, manchmal auch für längere Zeit, sehr hohe Töne hört. Häufig auch so, dass man ein Sausen und Rauschen hört, wie das Sausen des Windes und das Brausen des Meeres, auch wohl wie entferntes Wagenrollen. Dieser Zustand kann permanent werden und so quälend, dass die davon Heimgesuchten in Melancholie verfallen.

Die Erregungen des N. acusticus können endlich auch vom Centralorgane ausgehen. Sie haben dann den Charakter von combinirten Erregungen, nicht nur von bestimmten Tönen, sondern auch von einer bestimmten Reihenfolge von Tönen oder Geräuschen, gewöhnlich von Worten, die gerufen oder gesprochen werden. Es sind dies Gehörshallucinationen, die den Irrenärzten nur zu bekannt sind, und deren erste Anfänge sie mit dem Namen des Stimmenhörens zu bezeichnen pflegen.

Die gewöhnlichen Erregungen aber, welche dem N. acusticus zukommen, sind, wie gesagt, Schallwellen, die ihm entweder durch die Luft oder durch feste Theile zugeleitet werden. Für gewöhnlich kommen uns zwar die Schallwellen durch die Luft zu, aber wir können sie auch eben so wirksam mit Ausschluss der Luft blos durch eine Kette von festen Theilen zuleiten. Wenn man eine Stimmgabel so schwach anschlägt, dass sie durch die Luft nicht hörbar ist, und sie dann auf den Kopf setzt, so hört man sie, indem die Schwingungen der Stimmgabel an die Kopfknochen und von da an das Gehörorgan und den N. acusticus übertragen werden. Es erwächst hieraus ein wichtiges diagnostisches und prognostisches Zeichen für den Arzt. Er will, wenn sich ihm ein Tauber vorstellt, wissen, ob bei demselben der Gehörnerv noch functionirt und das Hinderniss für das Hören nur im schallleitenden Apparate liegt, oder ob wirklich der N. acusticus nicht fähig ist, erregt zu werden. Zu diesem Zwecke schlägt er eine Stimmgabel an und setzt sie dem Kranken auf das Scheitelbein. Functionirt der N. acusticus noch, und liegt das Hinderniss nur im schallleitenden Apparate, so hört der Kranke die Stimmgabel. Auf diese Weise können uns sogar Klänge mit ausserordentlicher Intensität zugeführt werden. Ein bekanntes Spielwerk besteht darin, dass man einen silbernen Löffel oder einen eisernen Ladstock in einen Bindfaden einknüpft, die Enden des Bindfadens in die Ohren steckt und nun den Löffel oder den Ladstock gegen eine Wand anschlägt. Dann werden durch den Bindfaden die Schwingungen dem Ohre so mitgetheilt, dass man das stärkste Glockenläuten zu hören glaubt.

Die meisten Erregungen aber, diejenigen, welche uns hier zunächst beschäftigen, kommen dem N. acusticus von Schallwellen zu, die in der Luft fortgepflanzt werden. Wir müssen uns, ehe wir zur Lehre vom Hören übergehen, mit diesen Schallwellen und mit den Gesetzen, nach denen sie erregt und fortgepflanzt werden, einen Augenblick beschäftigen.

Wenn irgendwo die Luft durch einen plötzlichen Impuls, z. B. durch die Detonation einer Zündkapsel oder eines Kanonenschlages, erschüttert wird, so entsteht dadurch ein Schall. Es wird die Luft nach allen Seiten hingestossen, und es entsteht dadurch um die Schallquelle eine Kugelschale von verdichteter Luft. Die Bewegung pflanzt sich nach den Gesetzen des elastischen Stosses fort. Auf die Schichte verdichteter Luft folgt dann eine Schichte verdünnter Luft, und so schreiten eine

Verdichtungswelle und eine Verdünnungswelle hinter einander nach allen Seiten mit gleicher Geschwindigkeit fort und zwar bei der Temperatur von 0^0 mit einer Geschwindigkeit von 333 Metern in der Secunde.

Hieraus ergibt sich schon das Gesetz für den Schall, dass seine Intensität abnimmt mit dem wachsenden Quadrate der Entfernung. Das erklärt sich einfach folgendermassen. Durch die Schallquelle wird eine gewisse Summe lebendiger Kraft erzeugt: diese wird an die Luftschicht übertragen, welche die Schallquelle zunächst umgibt, hierauf an die nächste u. s. f. und da der Schall sich nach allen Richtungen mit gleicher Geschwindigkeit fortpflanzt, bilden die Schallwellen immer Kugelschalen. Nun hängt aber die Intensität des Schalles von den lebendigen Kräften ab, welche in den einzelnen Molekülen thätig sind, und da die Summen der in Bewegung gesetzten Moleküle wie die Oberflächen der Kugelschalen, also wie die Quadrate der Radien, wachsen, so müssen die lebendigen Kräfte der einzelnen Moleküle in gleichem Masse abnehmen und mit ihnen die Intensität des Schalles.

Ich habe gesagt, dass die Moleküle nach allen Seiten hin gestossen werden, und dass dadurch die Schallwelle entsteht. Ich habe also angenommen, dass die Moleküle bei ihrer Schwingung sich in der Richtung bewegen, in welcher sich die Schallwellen fortpflanzen, nicht, wie bei dem Lichte, in einer Ebene senkrecht auf die Fortpflanzungsrichtung. Es sind also hiernach die Schallwellen Longitudinalwellen, und wenn wir sie graphisch darstellen, indem wir die Verdichtungswelle als einen Wellenberg und die Verdünnungswelle als ein Wellenthal darstellen, so tragen wir in den Ordinaten nicht die Verschiebung der Moleküle in ihrer wirklichen Lage auf, sondern wir tragen sie nur ihrer Grösse nach auf, senkrecht auf die wirkliche Richtung der Verschiebung. Wenn wir uns eine Verdichtungswelle und eine Verdünnungswelle vorstellen wollen, so müssen wir sie uns als eine Reihe von Punkten vorstellen, die von Strecke zu Strecke einander angenähert und von Strecke zu Strecke weiter von einander entfernt sind.

Wenn nun eine solche Welle an unser Ohr schlägt, so bringt sie einen Schall hervor: treffen mehrere Stösse in unregelmässiger Reihenfolge unseren Gehörsnerven, so entsteht das, was wir ein Geräusch nennen. Wenn aber eine Reihe von Stössen in periodischer Reihenfolge so rasch auf einander folgt, dass der Eindruck des ersten Stosses noch nicht erloschen ist, wenn schon der zweite kommt; so entsteht dadurch eine continuirliche Empfindung, welche wir mit dem Namen der Tonempfindung bezeichnen. Die Empfindung hoher Töne wird hervorgebracht durch Stösse, welche rasch aufeinander folgen, und die Empfindung tiefer Töne wird erzeugt durch Stösse, die langsamer aufeinander folgen. Da die Schallschwingungen sich nach den Gesetzen der Wellenbewegung fortpflanzen, so müssen sie natürlich auch nach den Gesetzen der Wellenbewegung reflectirt und nach den Gesetzen der Wellenbewegung gebrochen werden. Sie werden nach den Gesetzen der Wellenbewegung reflectirt, indem ein Schallstrahl, der auf eine feste Wand fällt, von derselben zurückgeworfen wird unter demselben Winkel, unter dem er eingefallen ist. Er wird aber nicht zurückgeworfen mit der ganzen Stärke, mit welcher er eingefallen ist, weil ein Theil der lebendigen Kraft der

Moleküle auf die Wand selbst übertragen wird. Mit dieser Zurückwer
des Schalles unter demselben Winkel, unter dem er eingefallen
hängt bekanntermassen das Echo zusammen. Wir haben ein Echo, w
wir uns in einer so bedeutenden Entfernung von einer ausgedeh
festen Wand befinden, dass der reflectirte Schall an unser Ohr gela
wenn schon der Eindruck des ursprünglichen Schalles erloschen
Durch mehrfache Reflexionen entsteht das mehrfache Echo. Es h
mit der Reflexion aber auch die Störung zusammen, welche in gr
Räumen durch den Wiederhall entsteht, die Störung, die in gro
Räumen für Sprechende, z. B. für Kanzelredner in nicht acustisch
bauten Kirchen fühlbar ist, die Störung, welche entsteht in zu gr
und unzweckmässig angelegten Theatern und Concertsälen dadurch,
die reflectirten Wellen und die ursprünglichen für den Hörenden
weit auseinander fallen, so dass Unordnung in die Gehörswahrnehmu
kommt.

Durch die Reflexion des Schalles ist es möglich, die lebendige Kr
einer Schallwelle für einen entfernten Ort besser zusammen zu hal
als dies geschehen wäre, wenn man die Schallstrahlen nach allen Se
sich hätte ausbreiten lassen. Wenn Sie z. B. in eine Röhre hineinsprech
so wird von den Wänden der Röhre der Schall reflectirt, und die Sch
wellen müssen sich der Röhre entlang bewegen. Nahezu die ganze leb
dige Kraft wird auf Luftschichten von verhältnissmässig geringem Qu
schnitt übertragen, die sich in dieser Röhre befinden. Darauf beru
die Sprachröhren, welche man in den Gebäuden anbringt, um sich v
verschiedenen Räumen aus mit einander zu besprechen. Darauf beruh
auch die Hörrohre, die Schwerhörigen gegeben werden, damit sie m
ihrer Umgebung sich verständigen können. Dieselben haben sehr ve
schiedene Formen, die man ohne eigentliche theoretische Grundlage v
fach geändert hat. Das Wesentliche, allen Gemeinsame ist aber, d
sie ein verengertes Ende haben, welches in das Ohr eingesetzt wi
und ein trichterförmig erweitertes Ende, in welches der Spreche
hineinspricht. Hierauf endlich beruhen auch die Sprachrohre, deren m
sich auf Schiffen bedient. Denken Sie sich, Sie hätten ein Parabolo
und im Brennpunkte desselben befinde sich eine Schallquelle, so werde
die Schallstrahlen, die von dem Brennpunkte ausgehen, alle in ein
bestimmten Richtung, alle parallel der Axe des Paraboloids fortgelei
werden. Denkt man sich nun das Paraboloid am Scheitel abgestutzt u
an den Mund gesetzt, so wird man durch dasselbe die durch die Stimm
erzeugten Schallwellen in bestimmter Richtung fortleiten können. Da
selbe leistet mehr oder weniger jeder trichterförmige Hohlkörper, d
vor den Mund gesetzt wird. Die griechischen Schauspieler hatten der
artige trichterförmige Vorrichtungen vor der Mundöffnung an ihre
Masken, um der Stimme mehr Tragweite zu geben.

Nach den allgemeinen Gesetzen der Wellenbewegung müssen di
Schallwellen auch zur Interferenz kommen. Die Interferenz kann man a
besten an den Schwingungen, welche von einer Stimmgabel ausgehe
zeigen. Von einer schwingenden Stimmgabel gehen Stösse aus an de
Fläche der Zinken und von dem Raume zwischen den Zinken, inde
diese, wo sie gegen einander schwingen, die Luft verdichten und na
beiden Seiten hinausstossen. Sie sehen aber leicht ein, dass bei de

einen Art von Wellen die Verdichtungswelle gebildet wird, wenn die Zinken nach aussen schwingen, bei der andern Art von Wellen aber die Verdichtungswelle entsteht, wenn die Zinken nach innen schwingen. Die Folge davon ist, dass da, wo die Schallwellen übereinander fallen, Verdichtungswellen auf Verdünnungswellen und umgekehrt fallen müssen. Dieses Aufeinanderfallen muss stattfinden in den Diagonalen, welche ich mir durch die Stimmgabel hindurchgezogen denke, und es ergibt sich, dass in diesen Diagonalen keine Wellenbewegung stattfindet, dass hier die beiden Wellenbewegungen einander aufheben. Dass dem wirklich so sei, davon kann man sich überzeugen, wenn man die Schallschwingungen auf eine Luftmasse überträgt, die in einer Messinghohlkugel, in einem sogenannten Resonator enthalten ist. Wenn ich die schwingende Stimmgabel über demselben drehe, so lischt jedesmal der Ton aus, wenn eine Diagonale senkrecht auf die Oeffnung des Hohlkörpers zu stehen kommt.

Anders gestaltet sich die Sache, wenn die beiden Wellensysteme nicht gleiche Schwingungsdauer haben, dann müssen periodische Abwechslungen kommen, in welchen einmal Wellenberg auf Wellenberg, das andere Mal Wellenberg auf Wellenthal fällt. Diese periodischen Abwechslungen zeigen sich in ihrer einfachsten Form als die sogenannten Schwebungen. Wenn zwei Töne miteinander erklingen und nur sehr wenig von einander verschieden sind, so sind natürlich die Perioden, während welcher der eine dem andern um eine halbe und um eine ganze Schwingung vorauseilt, sehr lang. Es soll also zuerst eine Periode kommen, wo Wellenberg auf Wellenberg fällt, da wird der Ton verstärkt, dann wird eine Periode kommen, wo Wellenberg auf Wellenthal fällt, da wird der Ton geschwächt u. s. w. Man hört also ein allmäliges Abschwellen und Anschwellen des Tones. Deshalb sagt der Musiker, es seien die beiden Töne um eine Schwebung von einander verschieden, das heisst, sie sind um ein so Geringes von einander verschieden, dass sich kein Combinationston bildet, sondern dass man nur ein allmäliges Anschwellen und Abschwellen des Tones hört.

Wir haben hier noch eine für die Theorie des Gehörs wichtige Frage zu erörtern, die Frage, ob und wie die Schallwellen verstärkt werden können.

Im eigentlichsten Sinne des Wortes kann ein Schall als Ganzes nicht verstärkt werden. Eine Schallursache gibt eine gewisse Summe von lebendiger Kraft: die kann ich nicht grösser und nicht kleiner machen, als sie ein für alle Mal ist, also den Schall als solchen kann ich nicht verstärken. Aber ich kann es so einrichten, dass von dieser lebendigen Kraft in der Zeiteinheit mehr an mein Ohr übertragen wird. Die Einrichtungen, welche man zu diesem Zwecke trifft, bezeichnet man als Verstärkungsmittel für den Schall. Ich kann auch durch einen momentanen Impuls als Schallursache einen Ton erzeugen, der einige Zeit dauert, oder ein Geräusch, und kann durch künstliche Vorrichtung bewirken, dass das tongebende Instrument die lebendige Kraft des einmaligen Impulses langsamer oder schneller verbraucht. Im letzteren Falle wird für jede einzelne Schwingung eine grössere lebendige Kraft disponibel sein; wenn ich es also so einrichte, dass von den lebendigen Kräften, die das tongebende Instrument verbraucht, das heisst abgibt,

möglichst viel an meine Gehörnerven übertragen wird, so ist auch die-
schnellere Verbrauch ein Mittel zur Verstärkung des Schalles.

Das einfachste Verstärkungsmittel für den Schall ist der Resonanz-
boden. Wenn ich eine Stimmgabel anschlage und in der Luft schwin-
lasse, so wird sie bei einer gewissen Stärke des Anschlages kaum geh-
werden. Stütze ich sie aber auf den Tisch auf, so hört man sie sogle-
erklingen, weil der Tisch als Resonanzboden dient. Was geht hier vo
Wenn die Stimmgabel in der Luft schwingt, so kann sie wegen ihr-
kleinen Dimensionen bei der einzelnen Schwingung nur eine sehr kle-
Summe von lebendiger Kraft an die umgebende Luft übertragen: c
Intensität des Schalles nimmt ab nach den Quadraten der wachsen-
Entfernungen: es kommt also davon nur ein geringer Bruchtheil i
meinen äusseren Gehörgang und mein Ohr. Wenn ich dagegen di
Stimmgabel auf den Tisch setze, so überträgt sie ausser den lebendig
Kräften, die sie an die Luft überträgt, auch lebendige Kräfte auf d
Tischplatte. In Folge davon fängt die Tischplatte an, mit ihr isoch-
zu schwingen und überträgt in derselben Periode wiederum mit ihr-
ganzen Fläche lebendige Kräfte an die Luft, so dass jetzt eine v-
grössere Menge von Bewegung in der Zeiteinheit übertragen wird u
viel mehr davon zu meinem Ohre gelangt.

Es braucht gerade keine feste Platte zu sein, an welche die lebe-
dige Kraft übertragen wird; es kann die lebendige Kraft auch an ei-
eingeschlossene Luftmasse übertragen, und dadurch der Schall verstär-
werden. Wenn ich z. B. eine Stimmgabel anschlage und halte sie üb-
einen Cylinder, der bis zu einer bestimmten Höhe mit Wasser gefüllt ist
so hört man die Stimmgabel deutlicher, als wenn ich sie in freier Luf
halte. Das rührt daher, dass die Luft im Cylinder in sogenannte stehend-
Schwingungen versetzt worden ist. Denken Sie sich, die Höhe des Luf-
raumes in diesem Cylinder betrage den vierten Theil der Wellenlän-
des Tones der Stimmgabel in der Luft, so wird durch die Stimmgabe-
wenn sich deren Zinke aus der Gleichgewichtslage nach abwärts beweg-
die Luft im Cylinder heruntergestossen werden, dieser Stoss wird sic-
fortpflanzen bis an den Boden, da werden die Moleküle nicht ausweiche-
können, es wird sich nach den Gesetzen des elastischen Stosses der Sto-
nach rückwärts fortpflanzen, und die Moleküle werden am Eingange de-
Cylinders von unten nach oben gestossen werden. Da hierüber aber di-
Zeit einer halben Schwingung vergangen ist, so wird das eben geschehen,
wenn die Zinke der Stimmgabel nach aufwärts schwingt, also sich in
derselben Bewegungsrichtung befindet, wie die Luft. Wenn die Luftmoleküle
ihre Excursionen gemacht haben, wird die Stimmgabel wiederum nach
abwärts schwingen und wird ihnen also in der Richtung, in welcher sie
sich nach den Schwingungsgesetzen ohnehin bewegen sollten, jetzt wieder
einen neuen Stoss versetzen, sie werden deshalb jetzt noch stärker aus
ihrer Gleichgewichtslage herausweichen, als früher; unten wird wiederum
der Impuls reflectirt werden, es wird wieder die Zeit einer halben
Schwingungsdauer vergehen bis die rückgängige Bewegung an den Ein-
gang des Cylinders gelangt, es wird dann noch die Zeit einer Viertel-
schwingung dauern, bis die Moleküle ihre Excursion nach Oben gemacht
haben, sie werden, indem sie im Begriff sind umzukehren, einen neuen
Stoss von der Stimmgabel bekommen und so fort. Mit jedem Stosse der

Stimmgabel wird die Ausweichung der Moleküle eine grössere werden, sie werden bis zu einer gewissen Grenze in immer stärkere Schwingungen versetzt, bei denen die Luftmoleküle periodisch nach abwärts gestossen werden und zurückschnellen, und dadurch die Luft in der Tiefe der Röhre abwechselnd verdichtet und verdünnt wird. Die lebendige Kraft dieser Schwingungen wird sich der umgebenden Luft und dem Glase mittheilen, und dadurch wird eben der Schall verstärkt werden. Die gasförmige elastische Masse leistet hier denselben Dienst, wie früher die feste elastische Platte.

Wir haben gesehen, dass es dazu nöthig ist, dass die Höhe des cylindrischen Hohlraumes gerade den vierten Theil einer Wellenlänge betrage. Wäre dieser Cylinder unten offen gewesen, dann würden auch Reflexionen erzeugt worden sein: aber dann würde man die günstigsten Bedingungen haben, wenn der Luftraum in dem Cylinder doppelt so lang, also halb so lang als die Tonwelle ist. Das hängt damit zusammen, dass dann die Reflexion an dem offenen Ende der Röhre stattfinden würde, an dem sich Luftmoleküle befinden, die leichter ausweichen, als diejenigen in der Röhre.

Wenn ich Schwingungen in einer gedeckten Röhre habe, so kann ich sie mir graphisch folgendermassen darstellen. *abcd* soll der Längsschnitt der Röhre sein, *ef* die Axe der Röhre, die ich zugleich als Abscissenaxe benütze, auf welcher ich als Ordinaten die Ausweichungen der Luftmoleküle nach oben positiv, und die nach unten negativ auftrage. Dann habe ich hier immer die grösste Ausweichung am Ende und das Minimum der Ausweichung da, wo die feste Wand ist, wo also die Moleküle nicht oder doch nur sehr wenig ausweichen können. Hier ist also ein unmittelbar durch den Widerstand fester Theile gegebener Ruhepunkt. Wenn aber die Röhre offen ist, so sind die grössten Ausweichungen der Moleküle an beiden Enden und das Minimum der Ausweichung der Moleküle ist in der Mitte. Es entsteht also in der Mitte ein Knoten und die Schwingungen in der Röhre sind durch die nebenbezeichnete Figur 60 dargestellt. Die Reflexion geht in verschiedener Weise vor sich, je nachdem ein leichter ausweichendes Molekül auf ein schwerer ausweichendes, oder ein schwerer ausweichendes auf ein leichter ausweichendes Molekül stösst. Im letzteren Falle wird das Molekül fortgestossen, und erst wenn es zurückkommt, beginnt auch die rückgängige Bewegung in der Röhre. Darüber ist die Zeit einer halben Schwingungsdauer vergangen. Die Luft schwingt an beiden Enden isochron von aussen nach innen und von innen nach aussen, während sich in der Mitte ein Querschnitt befindet, in dem sie in Ruhe ist, indem sie nur abwechselnd verdichtet und verdünnt wird. So hat jeder Hohlkörper einen Ton, durch den die Luft in ihm in die stärksten und einfachsten Schwingungen versetzt wird, und man bedient sich deshalb nach Helmholtz' Vorgange solcher Hohlkörper, namentlich kugelförmiger, unter dem Namen der Resonatoren um einen bestimmten Ton, den Eigenton des Resonators, zu verstärken. Fig. 61 zeigt einen

Fig. 59.

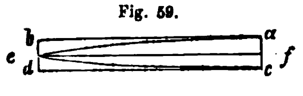
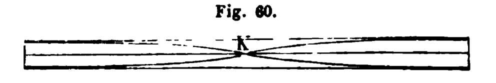


Fig. 60.



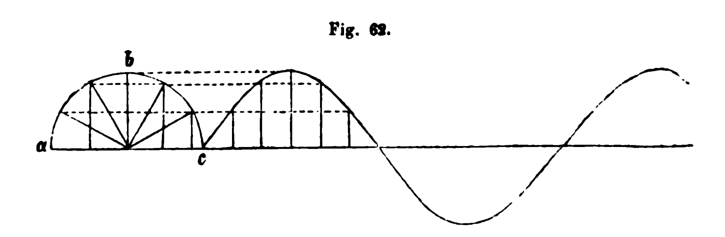
solchen Resonator, der einerseits dazu dient, eine auf seinen Ton stimmte Stimmgabel, die man über seiner Oeffnung hält, stärker zu machen, andererseits aber auch mit seinem verjüngten Ende gesetzt wird, um seinen Eigenton in einer Klangmasse zu ver und dadurch kenntlich zu machen.

Wir haben gesehen, dass, wenn Impulse, die unser Ohr in unregelmässiger Reihenfolge auf einander folgen, ein Geräusch steht, dass aber, wenn dieselben mässig, periodisch auf einander folgen Ton entsteht. Wir haben ferner ge dass die Töne verschieden sind durch Höhe und durch ihre Stärke. Wir scheiden aber noch eine andere Verschiedenheit an den Tönen, die sich auf die Q derselben bezieht. Wir können z. B. Ton einer Geige nicht mit dem Ton Flöte verwechseln, und wir können die Töne von verschiedenen Menschen men mit Leichtigkeit von einander scheiden. Worin kann diese qualitative schiedenheit der Töne liegen? In der W länge kann sie nicht liegen, von der die Höhe der Töne ab, in der Amplitude kann sie nicht liegen, von hängt die Stärke derselben ab: es bleibt also nichts übrig, als diese Verschiedenheit von der Form der Schwingung abhängt. W Sie die Luft durch eine über einen Resonator gehaltene Stimmgabel Schwingungen versetzen, so schwingen die einzelnen Moleküle nach Pendelgesetzen. Die Schwingungen können durch die Sinuscurve gestellt werden. Diese erhält man dadurch, dass man sich einen K auf der Abscissenaxe abgerollt denkt und die Ordinaten nach dem S der abgerollten Bogenstücke oder, was dasselbe ist, nach dem S der bei dem Abrollen durchlaufenen Winkel bemisst. *a b c* sei die

Fig. 61.



Fig. 62.



Hälfte des abzurollenden Kreises. Die Peripherie ist in gleiche St getheilt und auf der Abscissenaxe abgetragen. Die Ordinaten sind Sinus der zugehörigen Bogen, multiplicirt mit dem Halbmesser, g gemacht. Würde ich die Zahlen für die Sinus nicht mit dem Halbme des abgerollten Kreises, sondern mit irgend einer kleineren Gr multiplicirt haben, so würde ich ein Wellensystem von kleinerer A plitude, aber immer noch das Bild von pendelartigen Schwingu erhalten haben.

Nun denken Sie sich die Art und Weise, wie eine Geigensaite die Luft in Schwingung versetzt. Die Geigensaite wird durch den Bogen fortgeschleppt, dann reisst sie sich von dem Bogen los und schwingt frei zurück, dann wird sie wieder vom Bogen erfasst u. s. w. Die Schwingung wird daher eine ganz andere Gestalt haben, indem die Bewegung nach der einen und nach der anderen Seite nicht mit gleicher Geschwindigkeit erfolgt.

In solchen qualitativen Verschiedenheiten der Schwingungen ist auch die qualitative Verschiedenheit der Töne begründet, das, was wir mit dem Namen des Timbre oder der Klangfarbe bezeichnen. Wir werden aber später sehen, dass wir vermöge der Organisation unseres Gehörorganes Schwingungsgestalten nicht als solche wahrnehmen, sondern, dass in unserem Ohre ein eigenthümlicher Zerlegungsprocess mit den Schwingungen vor sich geht.

Aeusseres Ohr.

Wir müssen uns erst mit dem Baue des Ohres und mit der Art und Weise, wie die Schallwellen an den Gehörnerven übertragen werden, bekannt machen. Zuerst treffen die Schallwellen die Ohrmuschel und den äusseren Gehörgang. Im äusseren Gehörgange werden sie wie in einem Sprachrohre fortgeleitet. Von der Ohrmuschel hat man gesagt, dass sie dazu diene, den Schall zu concentriren und in den äusseren Gehörgang hinein zu reflectiren, ja, man hat sogar Betrachtungen darüber angestellt, wie alle einzelnen Windungen des äusseren Ohres gerade so gestaltet seien, dass sie in dieser Beziehung das Mögliche leisten. Es ist nun keine Frage, dass ein Theil der Schallwellen, die die Ohrmuschel treffen, auf dem Wege der Reflexion in den äusseren Gehörgang hineingelangt. Andererseits ist es aber auch ausser Zweifel, dass gerade bei dem Ohre des Menschen die Menge der Schallwellen, welche auf diese Weise reflectirt wird, keine bedeutende ist, keine so bedeutende, wie bei vielen Thieren, die grosse trichterförmige Ohren haben, deren Trichteröffnung sie gegen die Schallquelle hin richten können. Es kommen aber nicht allein die Schallwellen in Betracht, die auf dem Wege der Reflexion von der Ohrmuschel in den äusseren Gehörgang hinein reflectirt werden; es kommen auch die Schallwellen in Betracht, die an die Ohrmuschel übertragen werden. Die Ohrmuschel besteht aus einem Netzknorpel mit einer verhältnissmässig geringen Menge von Zwischensubstanz, welcher mit dem fibrösen Ueberzuge, welcher das Perichondrium bildet, eine im hohen Grade elastische, mehrfach gebogene Lamelle darstellt. Von dieser wird indessen doch nur ein sehr kleiner Theil der lebendigen Kraft der Schallwellen auf die Knochen und so auf das innere Ohr übertragen. Es ist nicht gerade selten, dass man Individuen mit fehlender Ohrmuschel beobachten kann. Bei solchen hat es sich gezeigt, dass sie zwar auf der Seite, wo ihnen die Ohrmuschel fehlt, weniger gut hören, als auf der andern, dass sie aber doch nicht in hohem Grade harthörig sind. Der Werth der Ohrmuschel für das Hören ist also beim Menschen nicht so gross, wie dies Laien anzunehmen geneigt sind.

Auffallend ist es auf den ersten Anblick, dass Hindernisse im äusseren Gehörgange, wenn sie denselben nicht geradezu verstopfen, das

Hören sehr wenig erschweren. Es ist bekannt, dass ein Schall in -
Fortleitung am meisten durch fein vertheilte, feste Körper ge
wird. Wenn man sich vor dem Clavierspiele eines Nachbars, vo
man durch eine doppelte Thüre getrennt ist, schützen will, s
man den Zwischenraum zwischen den Thüren mit Heu oder Stroh
um durch die zahlreichen Reflexionen, die die Schallwellen a
vielfach vertheilten festen Körpern erleiden, die Töne zu schwä
Nun ist aber der äussere Gehörgang mit Haaren besetzt, die in
späteren Lebensjahren oft eine bedeutende Länge erreichen, ja bü
förmig zum äusseren Gehörgang herauswachsen können, ohne da
durch das Hören wesentlich beeinträchtigt wird. Man kann sich
überzeugen, dass ein Baumwollenbausch, lose in den äusseren Geh
gesteckt das Hören nur wenig hindert: man muss erst den Gehör
förmlich tamponiren, um sich in hohem Grade harthörig zu mache
hängt dies offenbar mit der Kürze des Weges zusammen, den der S
im äusseren Gehörgang zurückzulegen hat.

Trommelfell und mittleres Ohr.

Vom äusseren Gehörgange gelangen die Schallwellen an das Trom
fell. Das Trommelfell ist eine fibröse Platte, welche aus einer äus
radiären Lage von Fasern besteht und aus einer inneren ringförmigen,
an Rande stärker ist, nach innen gegen das Centrum hin schwächer w
Nach aussen, sagt man, gehe die Cutis über dasselbe hin. Das, was
von der Cutis über das Trommelfell hingeht, besteht in einigen Elemen
von gemeinem Bindegewebe und dem äusseren Epithel des Trommelfe
welches hier als eine Fortsetzung des Oberhäutchens des äusseren Geh
ganges erscheint. Nach innen setzt sich in ähnlicher Weise die Au
kleidung der Trommelhöhle fort. Die Trommelhöhle ist mit einem bind
gewebigen, gefässreichen Ueberzuge ausgekleidet, der ein Flimmerepith
trägt. Ein Theil dieses Bindegewebes setzt sich fort auf das fibröse G
webe des Trommelfells, und ebenso setzt sich das Epithel, welches d
Trommelhöhle auskleidet, flacher werdend auf die innere Oberflä
des Trommelfells fort. Es soll hier beim Menschen in der Re
nicht flimmern, so wie auch am Promontorium die Flimmern vermi
worden sind: in einigen Fällen ist jedoch ein deutliches Flimmerepith
auf der Innenfläche des Trommelfells auch beim Menschen beobachte
worden.

Das Trommelfell kann durch den Hammer concav angespannt werde
und ist für gewöhnlich concav angespannt. Hiebei wirkt bekanntlich ei
Muskel, der M. tensor tympani seu M. mallei internus. Es fragt sich
nun: Welchen Nutzen hat diese Anspannung des Trommelfells? Man ha
den M. mallei internus im Zusammenhang mit dem M. stapedius früher a
den Accommodationsmuskel des Ohres angesehen. Dies beruhte auf folgen
der Betrachtung. Wenn gegen eine gespannte Membran ein Zug vo
Schallwellen ankommt, so wird die Membran dadurch in Schwingung
versetzt. Jede gespannte Membran hat nun ihren Eigenton, der sich mit
der Spannung ändert. Das ist der Ton, den man hört, wenn man die Mem-
bran anschlägt, und der dadurch entsteht, dass die angeschlagene Mem-
bran mit Schwingungen von einer gewissen Dauer in ihre Gleichgewichts-

lage zurückkehrt und, ehe sie dieselbe wieder bleibend einnimmt, um dieselbe hin- und herschwingt. Es ist nun klar, dass, wenn die Schwingungszahl des Wellensystems, welches gegen die Membran anrückt, mit der Schwingungszahl des Eigentons übereinstimmt, die Membran, wenn sie durch eine Verdichtungswelle vorgeschoben ist, gerade zurückschwingen wird, während die Verdünnungswelle sie trifft: sie wird also in derselben Richtung zu schwingen suchen, wenn die nächste Verdichtungswelle ankommt, sie wird so in die lebhaftesten Schwingungen versetzt werden. Sie wird also stärker mitschwingen, als mit jedem andern Ton und wird diese Schwingungen höchst vollständig an das hinter ihr liegende Medium, an die Luft, übertragen. Nun hat man sich früher gedacht, der M. tensor tympani habe die Function, das Trommelfell jedes Mal so anzuspannen, dass sein Eigenton derart wird, dass es möglichst mit den Tönen, welche ankommen, mitschwingt und deshalb diese möglichst vollkommen an die Luft der Paukenhöhle überträgt. Man sieht aber leicht ein, dass sich dies eben nur auf Töne beziehen könnte und zwar auf Töne von einiger Dauer, da ich nur diesen immer auf solche Weise mit der Accommodation des Ohres folgen könnte; dass dies nicht mehr möglich wäre bei Tönen, die mit grosser Geschwindigkeit wechseln, und dass es gar keinen Sinn haben würde bei Geräuschen, und doch ist uns Feinheit des Ohrs für die Geräusche viel wichtiger als für die Töne. In der menschlichen Sprache sind es gerade die Geräusche, die Consonanten, welche viel schwerer zu erfassen sind als die Vocale. Der Taubstummenlehrer sagt von einem Eleven, er habe noch Vocalgehör, das heisst, er hört noch so viel, dass er die Vocale von einander unterscheiden kann, aber nicht mehr so viel, dass er die Consonanten unterscheiden kann. Für das feine Auffassen der Geräusche würde eine solche Accommodation des Trommelfells gerade sehr nachtheilig sein: denn eine Membran, die in starke Schwingungen versetzt wird und in diesen fortschwingt, langsam austönt, ist sehr ungeeignet gleich darauf und noch ehe sie zur Ruhe gekommen, wieder andere Schwingungen aufzunehmen; weil diese in den noch restirenden Schwingungen eben so vielen Störungen begegnen. Gerade eine Membran, die schlecht mittönt und deshalb gleich wieder zur Ruhe kommt, ist am meisten geeignet, Geräusche aufzufassen, verschiedenartige Impulse in ganz unregelmässiger Reihenfolge gewissermassen in getreuem Abdruck wieder an die dahinter befindliche Luft zu übertragen. Ein sehr rasches Austönen aber wird bekanntlich durch das Princip der Dämpfung erzielt, dadurch dass die schwingende Membran mit andern, sie belastenden und hemmenden festen Körpern verbunden ist, an welche sie beim Schwingen diejenigen lebendigen Kräfte überträgt, die sie nicht beim ersten Impulse an die Luft übertragen hat. Es ist bei Weitem wahrscheinlicher, dass der ganze Apparat der Gehörknöchelchen in Rücksicht auf das Trommelfell mehr als Dämpfer dient, als dass er zur Accommodation des Trommelfells für Töne von verschiedener Höhe verwendet wird.

Wir haben aber gesehen, dass der Hammer mit dem Hammermuskel das Trommelfell nicht allein anspannt, sondern dass er es concav in einer bestimmten Form anspannt, und Helmholtz hat in neuerer Zeit darauf aufmerksam gemacht, dass gerade diese Concavität des Trommelfells eine Bedeutung für die Mechanik des Hörens habe. Er sagt: Es kommt darauf

an, dass die lebendigen Kräfte, welche in den Schallwellen thätig sind, möglichst vollständig an das innere Ohr übertragen werden, dass dabei aber doch keine grosse Amplitude entsteht, indem diese für die Einrichtung des Ohres nicht verwendbar wäre. Wenn eine concave Membran bis zu einer gewissen Amplitude fortgetrieben, weiter ausgebaucht werden soll, so ist damit eine grössere Dehnung verbunden, als wenn die Membran von vorneherein flach gewesen wäre. Indem eine grössere Dehnung dazu gehört, wird auch eine grössere Summe von lebendigen Kräften erfordert. Diese werden in Spannkräfte umgesetzt, und vermöge dieser grösseren Summe von Spannkraft schwingt dann diese Membran wieder energisch zurück. Es werden also bei verhältnissmässig kleinen Amplituden verhältnissmässig grosse Summen von lebendigen Kräften auf die Gehörknöchelchen und von diesen dann wiederum mit kleinen Amplituden auf die Membran des ovalen Fensters und das Labyrinth übertragen.

Helmholtz hat ferner auf eine andere interessante Einrichtung an den Gehörknöchelchen aufmerksam gemacht. Er hat darauf aufmerksam gemacht, dass das Gelenk, durch welches Hammer und Ambos miteinander verbunden sind, nicht ganz so frei ist, wie man auf den ersten Anblick glaubt. Es befinden sich an Hammer und Ambos Hervorragungen, die wie Sperrzähne in einander greifen. Diese hindern einander nicht bei der Bewegung des Trommelfells und des Hammers nach aussen. Deshalb können Trommelfell und Hammer ein Stück nach aussen gehen, ohne dass dadurch Ambos oder Steigbügel mitgenommen werden. Gehen sie aber nach innen, so fassen die Sperrzähne an, so dass sich jetzt die Gehörknöchelchen als ein zusammenhängendes Ganzes bewegen, und somit ein Impuls vom Trommelfell direct auf die Fenestra ovalis fortgepflanzt wird. Bei den Vögeln und Amphibien ist ja auch statt der Kette der Gehörknöchelchen nur ein solches Gehörknöchelchen, die sogenannte Columella, vorhanden, die den Dienst leistet, den bei uns die drei miteinander durch Gelenke verbundenen Gehörknöchelchen leisten.

Auf diese Weise werden also Impulse, die das Trommelfell treffen, durch die Kette von festen Theilen, welche die Gehörknöchelchen darstellen, auf die Membran des ovalen Fensters und somit auf die Labyrinthflüssigkeit und den Gehörnerven übertragen. Daneben existirt eine Schallleitung durch die Luft. Es werden ja auch Impulse an die Luft der Trommelhöhle übertragen, die sich bis auf die Labyrinthflüssigkeit und den Gehörnerven fortpflanzen. Bei der Schwierigkeit aber, mit der Schallwellen von festen Theilen auf die Luft und umgekehrt von der Luft auf feste Theile übergehen, kann man sagen, dass die Leitung, die in festen Theilen verläuft, bei Weitem die wichtigere ist, und dass die Schallleitung durch die Luft der Trommelhöhle nur eine untergeordnete Rolle spielt.

Wichtig für die Schallleitung ist die Spannung der Luft der Trommelhöhle, weil davon die Spannung des Trommelfells abhängt. Aus der Trommelhöhle führt eine Röhre in die Rachenhöhle hinein, durch welche Secrete, die sich in der Trommelhöhle angesammelt haben, in die Rachenhöhle abfliessen können. Es ist dies die Tuba Eustachii. Indem die Tuba Eustachii von Zeit zu Zeit beim Schlingen geöffnet wird, [illegible] Individuen [illegible] wird eine [illegible]

tion zwischen der atmosphärischen Luft und der Luft in der Trommelhöhle hergestellt, so dass sich der Druck der Luft in der Trommelhöhle nicht wesentlich von dem der atmosphärischen entfernen und folglich auch keinen Einfluss auf die Spannung des Trommelfells üben kann. Anders verhält es sich, wenn die Tuba Eustachii verstopft ist. Dann kann der Druck in der Trommelhöhle über den atmosphärischen steigen oder unter denselben sinken und wird in beiden Fällen einen Einfluss auf die Spannung des Trommelfells haben. Dieser ist, wie die Erfahrung lehrt, im hohen Grade nachtheilig. Davon kann man sich überzeugen, wenn man bei geschlossener Nase die Luft aus der Trommelhöhle ansaugt, oder Luft in dieselbe hineinpresst. Der Arzt ist deshalb nicht selten im Falle durch Katheterismus die Tuba Eustachii wieder wegsam zu machen, um das Trommelfell wieder unter normale Verhältnisse zu versetzen.

Inneres Ohr.

Wir sind nun den Schallwellen in die Tiefe, bis zum inneren Ohre, gefolgt. Wir haben gesehen, dass sie theils durch feste Theile und theils durch die Luft übertragen werden. Von jetzt an wird eine Flüssigkeit in Bewegung gesetzt, und diese erregt wieder durch ihre Bewegungen die Endigungen des N. acusticus. Nun zerfällt bekanntlich das innere Ohr in zwei Theile. Den einen stellt die Schnecke, den andern das Labyrinth mit den Bogengängen und Ampullen dar. Es fragt sich zunächst: Wozu dienen die Bogengänge? Man hat die Behauptung aufgestellt, dass die Bogengänge dazu dienen, die Richtung wahrzunehmen, aus welcher der Schall kommt, und man kann nicht läugnen, dass die Anordnung derselben in drei fast senkrecht aufeinander stehenden Ebenen, die mit merkwürdiger Regelmässigkeit fast durch die ganze Wirbelreihe hindurchgeht, zu einem solchen Gedanken Veranlasung gibt. Nichts desto weniger lässt sich darthun, dass diese Idee unbegründet ist. In wie weit wissen wir denn überhaupt, woher der Schall kommt? Wir wissen es, in so weit wir wahrnehmen, dass wir mit dem rechten oder linken Ohre stärker hören. Weiter nicht. Man verbinde einem Menschen die Augen und halte ihm eine tickende Uhr in der Medianebene bald vor die Stirn, bald über den Scheitel, bald vor das Kinn oder hinter den Hinterkopf und frage, wo sich die Uhr befinde. Allerdings gibt er häufig ihren Ort richtig an, aber häufig auch unrichtig. Wenn wir aber eine unmittelbare Wahrnehmung von der Richtung, aus welcher der Schall kommt, hätten, müsste der Ort der Uhr unter allen Umständen richtig angegeben werden, was nicht der Fall ist. Es zeigt aber auch schon die Erfahrung des gewöhnlichen Lebens, dass wir keine directe Wahrnehmung von der Richtung haben, aus welcher uns der Schall zukommt. Worauf beruhen die Künste der Bauchredner? Was thut der Bauchredner? Er kann nichts Anderes, als seine Sprache mit seinem Kehlkopfe und seinen Mundwerkzeugen hervorzubringen, er kann die Schallquelle nicht an einen andern Ort verlegen, aber er verändert den Ton seiner Stimme, er spricht einmal, wenn er sich selbstredend einführt, mit dem lauten und hellen Tone seiner Stimme, dann dämpft er den Ton, er verschleiert ihn und sucht zugleich die Vocale und die Consonanten hervorzubringen, ohne dass er

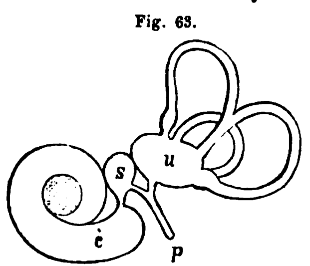
die Lippen bewegt, oder wenigstens so, dass er die Lippen n... wenig bewegt, um uns nicht merken zu lassen, dass er es se... der spricht. Dadurch dass er den Ton der Stimme dämpft, glaub... dass die Laute aus einem andern Raume herkommen und der I... redner deutet auf einen bestimmten Ort hin, und macht uns ... dass sich dort ein Individuum befinde, mit dem er sich unterhä...

Auch bei den gewöhnlichen Kinderspielen, bei den Versteck... bei denen gerufen oder gepfiffen wird, um ein Zeichen zu geben... sich, dass wir keine directe Wahrnehmung von der Richtung hab... der der Ton kommt, abgesehen von der Wahrnehmung, die uns ... erwächst, dass wir einmal mit dem einen, das andere Mal m... andern Ohre stärker hören.

Wir kennen bis jetzt überhaupt gar nicht mit Sicherheit ei... ziehung der Bogengänge als solcher zum Hören, wir kennen aber ... Beziehung der Bogengänge zu dem Gefühle vom Gleichgewicht... Körpers. Ich erinnere hier an die Versuche von Flourens und ... Nachfolgern, welche wir, als wir von der Physiologie des Gehirns ... delten, ausführlich besprochen haben. Es ist dabei ausdrücklich ... worden, dass beim Anschneiden, ja beim Zerstören der Bogengän... Thiere nicht taub geworden seien, während sie beim Zerstören ... Schnecke taub wurden.

Ehe wir weiter die Rolle des inneren Ohres beim Hören erört... muss ich noch Einiges über den Bau desselben bemerken. Es sin... neuerer Zeit einige früher unbekannte Thatsachen eruirt worden. ... Aeste des N. vestibuli, welche zum häutigen Labyrinthe gehen, sind ... bis in gewisse epitheliale Gebilde verfolgt worden, ohne dass bis ... bei Säugethieren und Menschen die Art und Weise ihrer Endigung ... Sicherheit bekannt wäre. Vom häutigen Labyrinthe selbst nun gab ... früher an, dass es mit der Endolymphe gefüllt, in der Perilym... schwimme. Rüdinger hat aber nachgewiesen, dass dies nicht der ... ist, sondern dass die Bogengänge an das Periost durch eine bindege... bige Brücke befestigt sind, und auch sonst bindegewebige Habenulae ... Periost zum Labyrinth gehen, so dass dasselbe weniger frei, als ... sonst geglaubt hat, in der Perilymphe liegt. Hensen hat ferner ge... den, dass der Schneckenkanal durch den Canalis reuniens mit dem Sac... seu Sacculus rotundus communicirt, und andererseits hat man gefun... dass der Recessus labyrinthi, den man früher nur als embryonale Bild... kannte, und von dem man wusste, dass ... in den Aquaeductus vestibuli umgewan... werde, den man blos für den Durchgan... kanal einer Vene hielt, dass dieser als H... raum fortexistirt. Man fand, dass er an sei... inneren gegen die Dura mater gerichte... Seite mit einem angeschwollenen Ende b... endigt und dass er sich an seiner dem L... byrinth zugewendeten Seite in zwei Ae... theilt, von denen der eine mit dem Sa... lus, der andere mit dem Utriculus seu Sacculus ellipticus communic... so dass auf diese Weise Bogengänge, Utriculus, Sacculus und Schnecke... kanal mit einander in der Weise communiciren, wie es in der ...

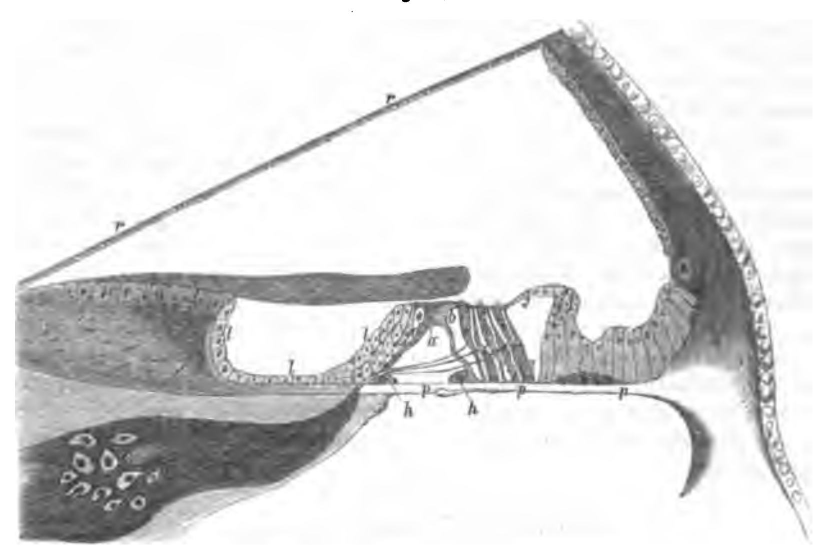
Fig. 63.



stehenden Figur 63, theilweise nach Waldeyer, dargestellt ist. *u* ist der Utriculus, *s* der Sacculus, *c* die Schnecke und *p* der Aquaeductus vestibuli.

In der Schnecke kennt man seit langer Zeit zwei Abtheilungen, die Scala tympani und die Scala vestibuli, und diese beiden sind von einander durch eine Scheidewand getrennt, die theils häutig, theils knöchern ist, und deshalb in die Lamina spiralis ossea und die Lamina spiralis membranacea getheilt wird. Nun hat aber Reissner noch eine weitere Membran entdeckt, Fig. 64 *r r*, welche von der Lamina spiralis


Fig. 64.



ossea schräg durch die Scala vestibuli verläuft und sich an die äussere Wand des Schneckenkanals ansetzt. Sie heisst nach ihm die Reissner'sche Membran. Der Querschnitt des Schneckenkanals ist also nicht blos in zwei Abtheilungen, in die Scala tympani und Scala vestibuli, getheilt, sondern dazwischen liegt eine dritte Abtheilung, die auf Kosten der alten Scala vestibuli gebildet ist und den Namen Canalis cochlearis oder Scala media führt.

Gerade in dieser Abtheilung liegen alle diejenigen Gebilde, welche in neuerer Zeit das Interesse besonders in Anspruch genommen haben. Vor einer Reihe von Jahren entdeckte Corti, dass sich auf der Lamina spiralis membranacea eigenthümliche zellige Gebilde befinden, die in Reihen angeordnet sind, welche den spiralen Windungen der Schnecke folgen. Davon waren besonders zwei elastische Gebilde auffallend, welche nach Art eines Dachfirstes gegen einander gestemmt waren, ein massiverer Theil, Fig. 64 *a*, welchen man in neuerer Zeit mit dem Namen des Steges, und ein dünnerer, schlankerer Theil, Fig. 64 *b*, den man in neuerer Zeit mit dem Namen der Saite bezeichnet hat. Ausserdem liegen daneben noch mehrere Arten von Zellen, die zum Theil von Corti schon gekannt waren, zum Theil erst von späteren Beobachtern beschrieben

worden und mit den Namen der inneren (a), und der äussern (ccc) Corti'schen Zellen, der Deiters'schen Zellen (eee), der Claudius'schen Zellen (g), der inneren und äusseren Bodenzellen ( ), des innern Epithels ( ) u. s. w. benannt worden. Das ganze Gebilde in seinem Zusammenhange wurde mit dem Namen des Corti'schen Organs bezeichnet. Dasselbe ist überdeckt von einer [illegible] Membran, die den Namen der Corti'schen Membran führt (siehe Fig. 64 hh). Diese Membran ist beim Meerschweinchen, dem die nach A. von Winiwarter entworfene Figur entnommen ist, wenig entwickelt, beim Menschen dagegen viel mehr, und Einzelne glauben sogar, dass sie hier die ganze Zellenmasse, welche auf der Lamina spiralis membranacea aufliegt, überdeckt und mit der äusseren Wand in Verbindung steht. Auf Durchschnitten springt sie immer ab, zieht sich zurück und schnellt in die Höhe, so dass man ihre wahre Endbefestigung nicht mit Sicherheit darstellen kann. Die Fasern des Gehörnerven treten bekanntlich in den Modiolus der Schnecke ein und weichen von dort aus in Schraubengangform radial auseinander, um in die Lamina spiralis ossea einzutreten. In der Lamina spiralis ossea bilden sie Ganglienkugeln, Fig. 64 qq, so dass dadurch eine korkzieherförmige Zone von solchen, die sogenannte Zona ganglionaris, entsteht. Dann gehen die Fasern weiter, durchbohren die Lamina spiralis, treten zum Theil an die Zellen des auf der Innenseite des Steges liegenden inneren Epithels und endigen hier nach Waldeyer, indem sie sich mit den inneren Corti'schen Zellen verbinden; zum Theil aber gehen sie zwischen den einzelnen Corti'schen Stegen hindurch und setzen sich mit den äusseren Corti'schen Zellen in Verbindung. Hier scheint der eigentliche Angriffspunkt der Gehörswahrnehmungen zu sein, hier scheinen die Erschütterungen erfolgen zu müssen, von welchen der Gehörnerv angeregt wird.

Theorie der Tonempfindungen.

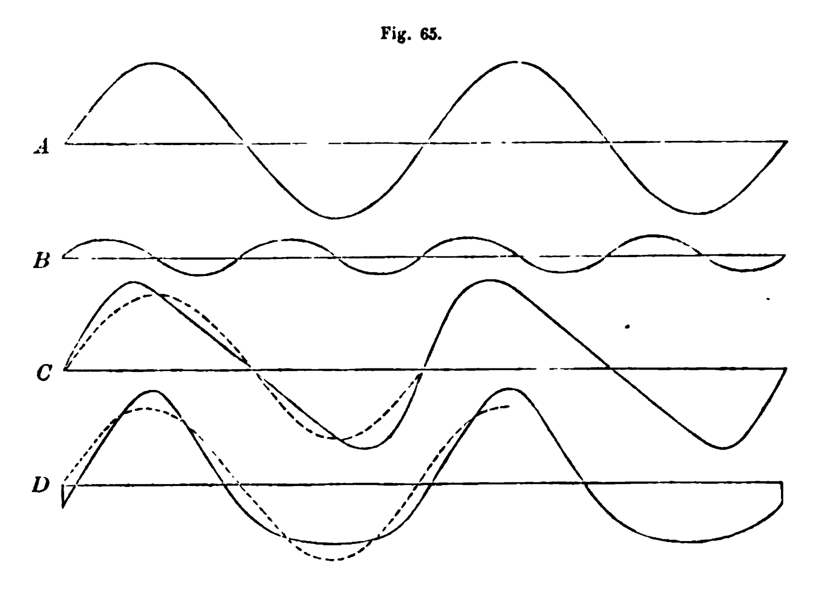
In welcher Weise geben nun diese Erschütterungen zu Tonempfindungen Veranlassung? Wir kommen hier wiederum zu der Frage: Beruhen die verschiedenen Tonempfindungen auf verschiedenen Erregungszuständen in ein und demselben Nerven, oder bringt uns eine Nervenfaser, wenn sie erregt wird, nur immer ein und dieselbe Tonempfindung zu, so dass wir hohe und tiefe Töne dadurch hören und unterscheiden, dass das eine Mal eine Art von Nervenfasern, das andere Mal eine andere Art von Nervenfasern erregt wird? Wie man in der Optik zu dem Resultate gekommen ist, dass die Farbenempfindung davon herrühre, dass abwechselnd drei verschiedene Arten von Nervenfasern in verschiedener Stärke erregt werden, von denen uns jede eine besondere Farbenempfindung zubringt, so ist Helmholtz auch hier zu dem Resultate gekommen, dass das Empfinden verschieden hoher Töne nicht auf verschiedenen Erregungszuständen einer und derselben Art von Nervenfasern, sondern auf der Erregung verschiedener Fasern beruhe, nur mit dem Unterschiede, dass wir hier nicht blos drei Arten von Nervenfasern, sondern eine continuirliche Reihe von einer sehr grossen Anzahl von Nervenfasern annehmen müssen, die uns alle die Empfindung von verschieden hohen Tönen zubringen, angefangen von den tiefsten Tönen, die wir

hören, und die beiläufig 40 Schwingungen in der Secunde haben, bis zu den höchsten Tönen, die wir hören, die beiläufig 60000 Schwingungen in der Secunde haben.

Es entsteht nun die weitere Frage: Wie geht es denn zu, dass diejenigen Töne, welche viele Schwingungen in der Secunde haben, andere Nervenfasern erregen, als diejenigen Töne, die wenig Schwingungen in der Secunde haben, und dass die Töne, je nach ihrer Höhe immer nur bestimmte Gruppen von Nervenfasern in Bewegung setzen? Um das zu verstehen, müssen wir näher auf die Art und Weise eingehen, wie sich acustische Wellensysteme zusammensetzen und zerlegen lassen. Wir wollen hier der Einfachheit halber vorläufig annehmen, dass die Verschiebung der Moleküle relativ sehr klein sei, dass wir sie im Verhältniss zum Abstande der Moleküle als so klein betrachten können, dass es erlaubt ist, die durch die Verschiebung hervorgebrachte Aenderung in der Dichtigkeit und deren Wirkung zu vernachlässigen. Dann setzen sich die Wellensysteme einfach algebraisch zusammen, in der Weise, wie man es an den Wellenmodellen sichtbar darstellen kann.

Nun denken Sie sich, ich hätte ein Wellensystem von pendelartigen Schwingungen, von Schwingungen, wie sie eine Stimmgabel gibt, welche ich dadurch hörbar mache, dass ich sie über einen Resonator oder irgend einen anderen Hohlkörper halte. Die Schwingungszahl dieses Wellensystemes soll n sein, und es sei durch die beistehende aus Helmholtz' Werk über Tonempfindungen entnommene Figur 65 in A dar-

Fig. 65.



gestellt. Nun denke ich mir, ich hätte ein zweites Wellensystem, welches die Schwingungszahl $2n$ hat. Es sei in Fig. 65 B dargestellt. Wenn ich mir diese beiden Wellensysteme zusammengelegt denke, so würde ich dadurch eine neue Curve C bekommen, die zwar noch dieselben Abstände der Maxima und dieselben Abstände der Minima hat, welche

das Wellensystem *A* zeigt, in der aber die Welle selbst eine
Gestalt hat. Jetzt denke ich mir, ich hätte ein Wellensystem
Schwingungszahl 3 *n*, so würde ich wiederum dieses Wellensys
den beiden andern zusammenlegen können, und ich würde dadur
der eine neue Figur bekommen, die aber noch immer die Periode
So werde ich weiter 4 *n*, 5 *n* . . . *m n* kurz eine unbestimmte
zusammenlegen können. Je nachdem ich nun die Wellensystem
denen von den Schwingungszahlen 2 *n*, 3 *n*, 4 *n* u. s. w. auswähle
je nach den Amplituden, welche ich denselben gebe, werde ich
unbegrenzte Menge von Wellensystemen von verschiedener Form
bauen können.

Wenn ich nun auf diese Weise eine Menge verschiedener We
systeme aufbauen kann, so muss ich denselben Process auch rück
durchmachen können, ich muss solche Wellensysteme, welche in
Form nicht die Sinuscurve darstellen, die ich mir aber aus verschie
pendelartigen Schwingungen nach dem Principe der Interferenz a
baut denken kann, rückwärts zerlegen können in andere Wellensyst
welche aus pendelartigen Schwingungen bestehen, und welche mir, w
ich sie wieder in derselben Weise zusammenlegen könnte, das urspr
liche zerlegte Wellensystem herstellen würden. Das ist nun ein Pr
den ein System von mittönenden Körpern vornimmt, aber nur dann v
ständig vornimmt, wenn für alle Arten von resultirenden pendelart
Schwingungen gleich gut mittönende Körper vorhanden sind.

Jeder Körper, der überhaupt in dauernde Schwingungen zu v
setzen ist, der zum Mittönen zu bringen ist, hat seinen Eigenton.
heisst, wenn man ihn anschlägt, geht er nicht einfach in die Gl
gewichtslage zurück, sondern er macht Schwingungen um dieselbe,
von der Periode dieser Schwingungen hängt die Höhe des Tones
den er dabei gibt, es ist dies sein Eigenton. Nun werden solche Kör
immer am stärksten in Schwingungen versetzt durch eine Reihenf
von Impulsen, welche dieselbe Periode haben, wie ihr Eigenton. W
ich also eine Reihe von mittönenden Körpern habe und pendelar
Schwingungen, so tönen nur diejenigen Körper hörbar mit, welche
ihrem Eigentone dieselbe Periode haben, wie die pendelartigen Schw
gungen. Wenn aber die Schwingungen nicht pendelartig sind und d
halb zerlegt werden können in eine Reihe von pendelartigen Schw
gungen, dann tönen auch die andern Körper mit, deren Eigentöne die
Zerlegungsproducten, wenn ich mich so ausdrücken darf, der urspr
lichen Klangmasse entsprechen.

Wir kommen hier zu dem Unterschiede zwischen Ton und Kla
Unter einem Ton, oder, genauer gesagt, unter einem einfachen Ton, ve
stehen wir eine Folge von pendelartigen Schwingungen, unter Kla
verstehen wir aber ein Wellensystem, welches keine pendelart
Schwingungen zeigt, das aber zerlegt werden kann in Systeme v
pendelartigen Schwingungen, in einzelne Töne, und diese Töne sind
unseren Fall der Grundton, der von der Schwingungszahl *n*, und d
harmonischen Obertöne, das heisst die Töne von den Schwingungszah
2 *n*, 3 *n*, 4 *n* u. s. w.

Nun denken Sie sich, es befänden sich in unserem Ohre auch de
gleichen mittönende Körper, und diese stünden in Verbindung mit Nerv

fasern und zwar jeder mit andern, so wird, wenn ein reiner Ton von pendelartigen Schwingungen unser Ohr trifft, eine Gruppe von Nervenfasern stark erregt werden, die Fasern, die in Verbindung stehen mit demjenigen Theile, der stark mittönt. Andere werden noch schwach erregt werden, weil die mit ihnen zusammenhängenden Theile noch schwach mittönen, die übrigen aber werden nicht erregt werden. Wenn aber an unser Ohr eine Klangmasse gelangt, die mittönende Körper zerlegen müssen in verschiedene Systeme von pendelartigen Schwingungen, dann wird nicht nur eine Gruppe von Nervenfasern, es werden verschiedene Gruppen von Nervenfasern erregt, und die verschiedenen Tonempfindungen werden im Bewusstsein eben zu der Empfindung eines Klanges zusammengesetzt. Das, was wir Klangfarbe nennen, ist das Resultat des Grundtons in der Zusammensetzung mit seinen verschiedenen Obertönen, es ist die Modification, welche der Grundton durch das gleichzeitige Erklingen der Obertöne erfährt. Wenn wir einer Melodie nachgehen, so folgen wir mit unserem Ohre den Bewegungen des Grundtons nach aufwärts und abwärts. Daneben aber geht etwas Anderes her, daneben unterscheiden wir die Qualität des Tones und auch die qualitativen Veränderungen des Tones während des Singens, und diese qualitativen Veränderungen des Tones beziehen sich auf den Wechsel der harmonischen Obertöne, welcher entsteht, je nachdem sich die Klangfarbe der Stimme beim Heraufgehen oder beim Heruntergehen der letzteren verändert.

Es scheint, dass die Verschiedenheit zwischen musikalischen und nichtmusikalischen Menschen, das heisst zwischen solchen, die musikalische Anlage haben, und solchen, die keine besitzen, auf der Art und Weise beruht, wie sie die Tonempfindungen auffassen, und davon abhängt, welchen Eindrücken sie mit ihrer Aufmerksamkeit folgen. Die musikalischen Menschen folgen wesentlich den Bewegungen des Grundtons, und diese prägen sich ihrem Gedächtnisse ein. Die nichtmusikalischen richten ihre Aufmerksamkeit mehr auf die Klangfarbe, für diese ist ein Ton, wenn er eine andere Klangfarbe hat, etwas Anderes, etwas Neues; sie unterscheiden die Qualität der Töne nicht nach ihrem Orte in der Tonleiter, sondern nach der Klangfarbe, nach der qualitativen Empfindung, die dadurch in ihrem Ohre entsteht. Damit hängt es wahrscheinlich auch zusammen, dass ausgezeichnete Schauspieler, die die feinste Empfindung für die geringste Veränderung in der Klangfarbe der Stimme haben, die die Wirkung der Affecte auf dieselbe auf das allerfeinste und sicherste wiederzugeben wissen, oft gänzlich unmusikalisch sind, und sehr musikalische Leute, Sänger und Sängerinnen, wenn sie zum Schauspiele übergehen wollen, nicht unbedeutende Schwierigkeiten zu überwinden haben, weil sie ihre ganzen psychischen Processe, mit welchen sie bisher die Töne aufgefasst haben, umändern müssen, um nun nicht mehr den Bewegungen des Grundtons, sondern eben den Veränderungen in der Klangfarbe, dem Timbre, zu folgen.

Es bleibt uns jetzt die Frage zu beantworten: Welche Theile sind es in unserem Ohre, die in Mitschwingungen versetzt werden und die die Nerven erregen.

Da die Nervenfasern im Corti'schen Organe endigen, und die Corti-schen Zellen mit Steg und Saite in Zusammenhang stehen, und Steg

und Saite so zierlich in Reihen auf der Lamina spiralis membranacea stehen, dass sie gleichsam wie die Tasten eines Claviers, die man nur anzuschlagen braucht, aussehen, musste der erste Gedanke wohl der sein, dass es Stege und Saiten, in Sonderheit zunächst die Saiten, des Corti-schen Organs wären, die in Mitschwingungen versetzt werden, so dass sie in verschiedenen Regionen der Schnecke mit verschieden hohen und tiefen Tönen mitschwingen, und dadurch verschiedene Gruppen der radial ausgebreiteten Nervenfasern des Acusticus erregt werden. Das war auch in der That die erste Ansicht von Helmholtz, die er in seinem Werke über Tonempfindungen auseinandergesetzt hat. Er ist aber später davon zurückgekommen, und zwar aus einem Grunde, den die vergleichende Anatomie geboten hat. Es zeigte sich, dass bei den Vögeln kein eigentliches Analogon des Steges und der Saite vorhanden sei. Nun wissen wir aber, dass die Vögel musikalisch sind, dass ein Theil derselben sogar abgerichtet werden kann, Melodien nachzupfeifen. Ein Dompfaff muss offenbar die Töne in ganz ähnlicher Weise hören und auffassen, wie wir, da er sie in ganz analoger Weise wiedergibt. Wenn er also keine Analogen für diese Gebilde hat, so ist es einigermassen gewagt, in ihnen die primär mitschwingenden Theile zu suchen.

Nun ist aber die Membrana basilaris (Fig. 64 *pp*), die fibröse Grundlage der ganzen Lamina spiralis membranacea, radial gefasert, so dass man mit grosser Wahrscheinlichkeit annehmen kann, dass ihre Spannung in tangentialer Richtung, also senkrecht auf die Richtung der Fasern, verschwindend ist im Vergleiche zu ihrer Spannung in radialer Richtung. Unter diesen Umständen ist es erlaubt sie physikalisch anzusehen als ein System von nebeneinanderliegenden Saiten, so dass die einzelnen radialen Zonen in verschiedenen Perioden, je nach ihrer Länge und ihrer Spannung, schwingen können. Helmholtz nimmt deshalb jetzt an, dass es die Membrana basilaris sei, deren einzelne Zonen zunächst in Mitschwingung versetzt werden, und dass durch diese die unmittelbar darauf liegenden Theile und mit ihnen die Nervenenden des Acusticus erregt werden.

Wir haben gesehen, dass die Klänge im Ohre zerlegt werden, indem daselbst nur pendelartige Schwingungen entstehen, und also jeder Klang in diejenigen pendelartigen Schwingungen zerlegt wird, für welche er nach der Form und Periode seiner Schwingungen Impulse abgeben kann. Wir nehmen also eigentlich nicht den Klang als solchen wahr, sondern wir nehmen den Grundton desselben und die harmonischen Obertöne wahr; aber wir sind uns dessen für gewöhnlich nicht bewusst, weil wir immer den Klang als Ganzes auffassen, und es bedarf einer besonderen Aufmerksamkeit und Ueberlegung, um in der Klangmasse einzelne Obertöne zu erkennen. Nun kann ich aus zwei Wellensystemen nicht nur ein neues erzeugen, sondern mehrere, indem ich sie mir mit ihren Phasen in verschiedener Weise auf einander gelegt denke. So wurde Fig. 64 aus *A* und *B* das System *C* erzeugt: es kann aber durch eine andere Aufeinanderlagerung auch das System *D* erzeugt werden. Es kann also ein System von mitschwingenden Körpern in seinem actuellen Zustande gleichzeitig Wellensystemen von verschiedener Form aber gleicher Periode entsprechen. Es fragt sich deshalb, nimmt das Ohr wirklich die Gestalt der Wellen wahr, die ihm zukommen, oder nimmt

es, wie man nach dem Bisherigen erwarten muss, nur das Resultat der Analyse wahr, die es mit den Klängen vorgenommen hat?

Helmholtz hat mittelst Stimmgabeln dieselben Wellensysteme thatsächlich zu verschiedenen Formen zusammengesetzt und gefunden, dass der Klang ein und derselbe war. Das Ohr nimmt also nicht die Gestalt der Welle als solche wahr, sondern nur das Resultat der Analyse. Gleiche Klänge müssen, wenn ich mich so ausdrücken darf, physikalisch isomer sein, aber sie brauchen nicht physikalisch isomorph zu sein. Die Welle braucht nicht dieselbe Gestalt zu haben, wenn nur das Resultat der Analyse dasselbe ist, wenn ich bei der Zerlegung nur dieselben Wellensysteme pendelartiger Schwingungen mit denselben Amplituden erhalte.

Wir haben bis jetzt immer nur Rücksicht genommen auf einen einfachen Klang; es ist aber klar, dass, wenn mehrere Klänge zugleich angegeben werden, diese sich auch in der Luft zusammensetzen müssen, da ja ein Luftmolekül in demselben Augenblicke immer nur in einer Weise und nicht gleichzeitig auch in einer andern Weise bewegt werden kann. Wir haben nun angenommen, dass bei dieser Zusammensetzung eine einfache algebraische Addition stattfindet; dabei haben wir aber vorausgesetzt, dass die Ausweichung der Moleküle aus ihrer Gleichgewichtslage nur sehr klein sei im Verhältnisse zum Abstande der schwingenden Moleküle von einander. Da, wo diese Bedingung nicht erfüllt ist, ist dieses Gesetz nicht mehr gültig, und da entstehen durch die Zusammensetzung von zwei Tönen sogenannte Combinationstöne. Es gibt deren zwei Arten, die einen, die stärker hörbaren, sind die Differenztöne, die dadurch charakterisirt sind, dass die Schwingungszahl des neuen Tones gleich ist der Differenz der Schwingungszahlen der beiden zusammensetzenden Töne. Diese sind von Sorge entdeckt, später auch von Tartini beschrieben worden, nach dem sie den Namen der Tartinischen Töne führen. Die zweite Art der Combinationstöne bilden die Summationstöne. Diese sind dadurch charakterisirt, dass die Schwingungszahl des Combinationstones gleich ist der Summe der Schwingungszahlen der beiden zusammensetzenden Töne. Sie sind erst in neuerer Zeit von Helmholtz entdeckt und zuerst in den Berichten der Berliner Akademie und in Poggendorf's Annalen beschrieben worden.

Die Combinationstöne können nun nicht blos durch Zusammensetzung der Grundtöne entstehen, sondern auch durch Zusammensetzung der Obertöne. Es kann also, wie Sie leicht einsehen, die Zahl der Töne, die aus einer Klangmasse hervorgeht, die das Ohr aus einer Klangmasse herausanalysirt, eine sehr bedeutende sein. Aber das Ohr fasst nicht jeden dieser Töne einzeln auf, sondern nur den Klang im Ganzen, und wenn es in einem Concerte seine besondere Aufmerksamkeit auf bestimmte Töne richtet, so sind diese auch nicht einfache Töne, sondern Klänge. Es ist ein bestimmtes Instrument mit seinem Klange, dessen Gang man in der ganzen Klangmasse mit seiner Aufmerksamkeit verfolgt.

Wir unterscheiden consonirende und dissonirende Töne und consonirende und dissonirende Klänge. Wir sagen, dass zwei Noten miteinander eine Consonanz, und dass zwei Noten miteinander eine Dissonanz geben. Man wusste seit längerer Zeit, dass im Allgemeinen diejenigen Töne, deren Schwingungszahlen in einem einfachen Verhältnisse stehen,

eine Consonanz geben, und dass diejenigen, deren Schwingungszahlen in einem complicirten Verhältnisse stehen, eine Dissonanz geben: aber worauf die Consonanz und Dissonanz eigentlich beruhe ist erst in neuerer Zeit von Helmholtz aufgedeckt worden. Helmholtz hat gezeigt, dass Consonanz nichts Anderes heisst als continuirliche Tonempfindung, und Dissonanz nichts Anderes heisst als discontinuirliche Tonempfindung. Zwei Töne, welche um ein sehr Geringes von einander entfernt sind, geben, wie wir früher gesehen haben, Schwebungen, indem sich durch das abwechselnde Aufeinanderfallen von Wellenberg und Wellenberg und dann wieder von Wellenberg und Wellenthal, die Impulse in der einen Periode zu einander addiren, in der andern sich von einander abziehen, einander vernichten. Wenn die Differenz der Töne grösser wird, so muss die Periode, in der diese Abwechslungen erfolgen, kleiner werden, es müssen also mehr Schwebungen in der Zeiteinheit entstehen, und endlich rücken die Schwebungen so nahe an einander, dass dadurch ein gewisses Stossen, ein gewisses Knarren, eine unangenehme Rauhigkeit des Tones entsteht, und das ist es, was man mit dem Namen der Dissonanz bezeichnet. Die Rauhigkeit der Töne ist am grössten, wenn etwa 33 Schwebungen in der Secunde stattfinden. Wenn weniger Schwebungen in der Secunde stattfinden, ist die Dissonanz weniger unangenehm, weil dann die Schwebungen doch noch weiter auseinanderfallen und sich nicht so scharf markiren. Wenn mehr Schwebungen als 33 in der Secunde stattfinden, so verwischen sie sich wieder mehr, fliessen mehr ineinander und sind dadurch weniger lästig. Es gilt dies für alle Tonlagen. Es gilt auch für hohe Tonlagen, in welchen sich noch viel mehr als 33, ja noch mehr als 40 Schwebungen in der Secunde durch ihre Rauhigkeit kenntlich machen.

Helmholtz hat nun den Grad der Rauhigkeit der einzelnen Töne berechnet, rein nach physikalischen Grundsätzen, und hat dann gefunden, dass in der That das Resultat ein solches war, dass sich wirklich diejenigen Intervalle, welche als die reinsten und die besten bekannt sind, auch hier bei der Rechnung als die reinsten und besten erwiesen, und dass in der That für diejenigen Combinationen, welche in der Musik als entschiedene Dissonanzen bekannt sind, das Maximum der Rauhigkeit herauskam. Sie sehen leicht ein, dass hiermit eine theoretische Grundlage für die Musik gegeben ist, auf der auch Helmholtz in seinem Werke fortgebaut hat.

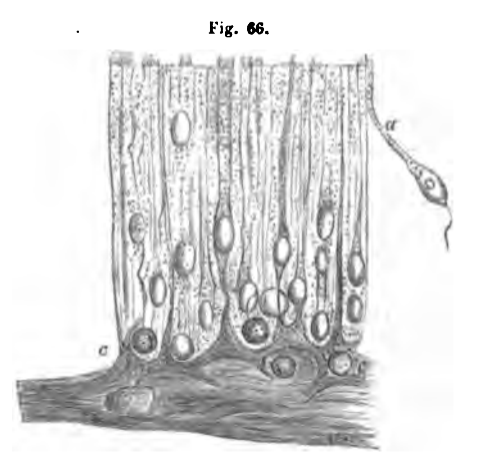
Geruchssinn.

Beim Riechen haben wir es mit Substanzen zu thun, welche mit Nerven in Berührung kommen und dieselben chemisch erregen. Es fragt sich: Wie sind diese Nerven beschaffen, und mit welchen Endgebilden sind sie versehen für die Aufnahme der Substanzen, von welchen sie erregt werden sollen? Es ist bekannt, dass der N. olfactorius in seinem intracraniellen Theile nicht das ist, was wir mit dem Namen eines Nerven zu bezeichnen pflegen, sondern dass er ein vorgeschobener Hirntheil

ist, der durch einen Stiel mit dem übrigen Gehirne in Verbindung steht. Das weist sowohl der Bulbus olfactorius durch seinen Bau nach, als auch die Natur der Fasern im Stiele des Bulbus olfactorius. Das weist auch die vergleichende Anatomie nach, indem bei den niederen Wirbelthieren der Bulbus olfactorius mit dem N. olfactorius zusammen in eine gedrungene Masse, in einen sogenannten Lobus olfactorius, umgewandelt ist.

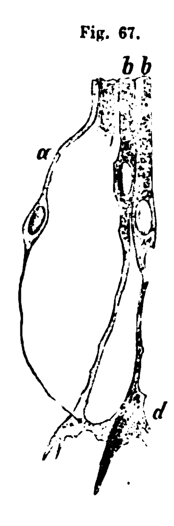
Von dem Bulbus nervi olfactorii gehen nun die Riechnerven aus und verzweigen sich in der Nasenhöhle, aber nur in einem Theile derselben, in demjenigen Theile, welchen wir mit dem Namen der Regio olfactoria bezeichnen, und der sich durch seine gelbliche von einem Pigmente herrührende Farbe und durch seinen Mangel an Flimmerbewegung auszeichnet. Diese Regio olfactoria nimmt den kleineren, oberen Theil der Nasenscheidewand ein, ferner die obere Muschel und einen Theil der mittleren Muschel. Hier verzweigen sich die Fasern des Riechnerven, welche als verhältnissmässig dünne, glattrandige Nerven dahin verlaufen. Sie endigen hier, indem sie sich in Zusammenhang setzen mit der Epithelialbekleidung. Die Schleimhaut der Regio olfactoria, die sich als solche durch eigene tubulöse Schleimdrüsen von verhältnissmässig einfachem Bau, die in dieselbe eingesenkt sind, charakterisirt, ist überdeckt mit einem Epithelium, dessen Zellen im Ganzen die Form von Cylinderzellen haben. Diese Zellen waren schon von Ecker und von Eckhard in ihrer Gestalt beschrieben worden, als man später mit Max Schultze allgemein zwei Arten von Zellen unterschied, von denen die einen als Cylinderepithelzellen, die anderen als Riechzellen bezeichnet wurden. Die Cylinderepithelzellen sollten nach Max Schultze's Ansicht nicht in Zusammenhang mit den Fasern des Olfactorius stehen. Dagegen sollten aber die Riechzellen, die sich durch schlankeren Bau, namentlich durch ein verschmälertes oberes Stück (Siehe Fig. 66 *a* u. Fig. 67 *a*) von den Cylinderepithelzellen (Fig. 67 *b b*) unterscheiden, wenigstens aller Wahrscheinlichkeit nach in directer Verbindung stehen mit den Fäden des N. olfactorius. Es zeigte sich nämlich, dass die Zellen nach abwärts laufende fadenförmige Fortsätze hatten, die ganz ähnlich waren den letzten Enden der Fasern des N. olfactorius, welche Max Schultze beobachten konnte. Es gelang freilich nicht eine Olfactoriusfaser direct in einen solchen Fortsatz zu verfolgen, aber durch das besondere Aussehen dieser Zellen, dadurch, dass sie sich eben von den Epithelzellen durch ihre schlankere Gestalt unterschieden, und dadurch, dass sie immer diese fadenförmigen Fortsätze nach abwärts schickten, war es wahrscheinlich, dass sie wirklich mit den Fäden des N. olfactorius im Zusammenhange stehen.

Fig. 66.



Die Sache hat sich indessen in neuerer Zeit nach den Untersuchungen von S. Exner etwas anders gestaltet. Exner hat an Stückchen der Nasenschleimhaut von Menschen und von Thieren, die in Ueberosmiumsäure erhärtet und dann zerfasert waren, gesehen, dass ganz allgemein die Fasern des N. olfactorius nicht direct in solche Zellenfortsätze übergehen, sondern dass die Fasern des N. olfactorius sich in ein maschenförmiges Gewebe (Fig. 66 *cc*) auflösen, in dessen Lücken Zellen und Zellenkerne eingelagert sind. Mit diesem Maschengewebe stehen die oberflächlichen Zellen der Riechschleimhaut in Verbindung und zwar beide Arten, sowohl diejenigen, welche man als Epithelzellen bezeichnet hat, als auch diejenigen, welche man früher als Riechzellen bezeichnete. Sie stehen aber damit in verschiedener Weise in Verbindung. Die einen, die Epithelzellen der Autoren, dadurch, dass sie sich unten in plattenartige Stücke (Fig. 67 *d*) verbreitern, deren Substanz unmittelbar in die des Maschenwerkes übergeht, und die andern, indem sie einen feinen Fortsatz nach abwärts senden, der sich auch in dieses Maschenwerk einsenkt und sich mit demselben verbindet. Man kann also in der Riechschleimhaut nach wie vor zwei Arten von Zellen unterscheiden, die Epithelzellen der Autoren und die schlankeren Riechzellen der Autoren, aber man kann nicht mehr sagen, dass ausschliesslich die einen oder die andern zur Aufnahme der riechenden Substanzen bestimmt seien, denn Exner's Untersuchungen haben gelehrt, dass keine von beiden Arten direct mit den Endigungen des N. olfactorius in Verbindung steht, dass aber beide indirect mit den Endigungen des N. olfactorius in Verbindung stehen, und zwar insofern in ganz gleichwerthiger Weise, als sie beide in ein Maschenwerk übergehen, in welches auch die Enden des N. olfactorius auslaufen.

Fig. 67.



Es ist wahrscheinlich, dass die verschiedenen Gerüche darauf beruhen, dass verschiedene Nervenfasern stärker erregt werden, die mit verschiedenen Centralgebilden in Verbindung stehen, deren Erregung uns verschiedene Geruchsempfindungen hervorruft; aber wir sind hier in der Analyse noch nicht so weit vorgeschritten, wie beim Gesichte und beim Gehör, nicht einmal so weit wie beim Geschmack. Wir benennen die Gerüche wesentlich nur noch nach den Dingen, von denen sie ausgehen. Wir sagen, es rieche etwas nach Veilchen, oder es rieche etwas nach Terpentin, oder es rieche etwas faulig, das heisst es verbreite einen Geruch, wie er von faulenden Körpern ausgeht. Geruchsempfindungen können einander übertäuben, bis zur Unkenntlichkeit; aber wir kennen keine bestimmten Gesetze, nach denen sie sich zusammensetzen.

Damit ein Stoff riechbar sei, muss er zweierlei Eigenschaften haben, er muss erstens flüchtig sein, damit er sich in der Luft verbreiten könne, und zweitens muss er wenigstens bis zu einem gewissen Grade im Wasser löslich sein, weil er sich ja in der Flüssigkeit, mit welcher die Riechschleimhaut durchtränkt ist, verbreiten soll. Anscheinend ist indessen alles beides nicht nöthig. Wir riechen z. B. auch Metalle, wir riechen mit einem eigenthümlichen, wie wir sagen, metallischen Geruche eine

alte Münze, und doch wissen wir nicht mit Bestimmtheit zu sagen, was an dieser Münze flüchtig sei, und was sich in der Riechschleimhaut der Nase auflöse. Es hängt dies mit der ausserordentlichen Empfindlichkeit unseres Geruchssinnes zusammen, der allen chemischen Untersuchungen weit vorauseilt. Es gibt kein Reagens, welches sich an Empfindlichkeit irgendwie mit unseren Geruchsnerven messen könnte. Ein Stückchen Moschus, das zwischen Kleidern aufbewahrt worden ist, und das an die Kleider unwägbare Mengen abgegeben hat, theilt diesen seinen Geruch in der Weise mit, dass er wochenlang an denselben nicht nur in deutlicher, sondern auch in höchst störender, für Manche unerträglicher Weise haftet. Und doch ist das Geruchsorgan des Menschen verhältnissmässig stumpf gegen das Geruchsorgan der Thiere. Schon die reissenden Thiere, z. B. die Hunde haben einen viel feineren Geruch, indem sie der Spur des Menschen, des Wildes und der anderer Hunde folgen und dabei durch den Geruchssinn geleitet werden. Ihr Geruchssinn wird aber nach dem Urtheile erfahrener Jäger von dem der Rehe an Leistungsfähigkeit noch bei Weitem übertroffen.

Aber eines ist nöthig, damit Geruchsempfindungen percipirt werden: dass ein Luftstrom durch die Nase hindurchzieht und an der Regio olfactoria vorübergeht. Es zeigt sich hier wieder, dass wir nur Veränderungen empfinden und keine dauernden Zustände. Es muss den Geruchsnerven immer neue riechende Substanz zugeführt werden, wenn die Geruchsempfindung fortdauern soll. Man kann die Geruchsempfindung zum Verschwinden bringen, sobald man den Athem anhält. Man braucht sich nicht die Nase zu verhalten, man braucht nur den Athem anzuhalten, damit kein Luftstrom durch die Nase zieht, so hört die Geruchsempfindung sofort auf. Sobald man aber den Luftstrom wieder herstellt, stellt sich auch die Geruchsempfindung wieder her. Damit hängt es auch zusammen, dass wir, um eine lebhafte Geruchsempfindung hervorzurufen, die Luft von den zu riechenden Körpern mit Energie in die Nase ziehen. Damit hängt es ferner zusammen, dass bei Facialislähmungen auf der gelähmten Seite der Geruch in der Regel schwächer ist, als auf der gesunden Seite, weil man auf der gelähmten Seite die Luft weniger gut in die Nase einziehen kann, als dies auf der gesunden Seite geschieht, indem, wenn man die Luft einzieht, diese hauptsächlich den Weg durch die gesunde Seite geht, weil sie diesen freier und offener findet, als den auf der kranken Seite.

Es fragt sich: Wie verhält es sich mit den Thieren, die nicht in der Luft leben? Wie verhält es sich mit dem Riechen der Fische? Die Fische haben ein sehr ausgebildetes Geruchsorgan, und doch hat man ihnen den Geruch vollständig abgesprochen. Es ist die Behauptung, dass die Fische nicht röchen, von den englischen Anglern ausgegangen, als dieselben zuerst ausgedehnte Erfahrungen darüber machten, wie sich Fische, z. B. Forellen und Saiblinge, durch einen unechten Köder täuschen liessen, dadurch, dass man Insecten aus Seide, Flor, Rauschgold und anderen Utensilien nachgemacht hatte. Da haben nun die Angler gesagt, wenn der Fisch röche, da müsste er ja die Witterung haben, und dann könnte er nicht auf einen solchen künstlichen Köder anbeissen. Das beruht aber, wie ich glaube, auf einem Missverständnisse, denn der Fisch riecht auch das wirkliche Insect nicht, das über der Oberfläche des

Wassers herumflattert, sondern springt nach demselben, weil er es sieht, und gerade so springt er auch nach dem künstlichen Köder, weil er denselben sieht. Da das Thier im Wasser lebt und nicht in der Luft, so muss auch sein Geruchssinn insofern andere Fähigkeiten haben, als hier nicht Substanzen gerochen werden, die in der Luft verbreitet sind, sondern Substanzen, die im Wasser verbreitet sind, ähnlich wie wir die Substanzen, die im Wasser verbreitet sind, schmecken. Es ist sehr wohl möglich, dass den Fischen ihr Geruchsorgan im Wasser als Wegweiser dient, so dass sie durch dasselbe die Regionen kennen lernen, die ihnen zuträglich sind, und diejenigen, welche ihnen nicht bekommen, diejenigen Regionen, wo sie sich Rechnung machen können ihre Existenz zu finden, wo sie ihren Laich absetzen können u. s. w.

Geschmackssinn.

Verbreitungsgebiet.

Wir haben schon früher bei der Physiologie der Hirnnerven ausführlich besprochen, welche Nerven wir für die Geschmacksnerven halten, welchen Nerven wir einen Antheil an der Geschmacksempfindung zuschreiben. Jetzt tritt aber eine andere Frage an uns heran, die, mit welchen Theilen wir schmecken. Es existirt von den rothen Lippen an bis in den Oesophagus hinein kein Ort, von dem nicht einmal gesagt worden ist, dass er schmecke. Es fragt sich nun: Was ist hieran Thatsächliches? Von welchen Theilen der Schleimhaut können wirklich Geschmacksempfindungen erregt werden? Nach den Untersuchungen von Stich und Klaatsch, die ausführlich mit süssen, sauren, bitteren und salzigen Substanzen experimentirt haben, können Geschmacksempfindungen von dem Rande der Zunge aus erregt werden, von einem Streifen, der um den Rand der Zunge herumgeht, aber oft nur eine Breite von 2 Linien hat; dann von den hinteren zwei Drittheilen der Zungenoberfläche und von der unteren Fläche des weichen Gaumens. Ueber den Rand der Zunge und über die zwei hinteren Drittheile der Zungenoberfläche ist kein Zweifel vorhanden, über das Schmecken am Gaumen sind Zweifel erhoben worden, indem nicht alle Versuche früherer Experimentatoren ein positives Resultat ergeben haben.

Es fragt sich, wie ist es möglich, dass die Angaben über die schmeckenden Partien der Schleimhaut so verschieden ausfallen konnten, und wie kann es überhaupt so grosse Schwierigkeiten haben, das Gebiet zu begrenzen, innerhalb dessen geschmeckt wird? Das hat verschiedene Gründe. Erstens soll bei solchen Versuchen eine Geschmacksempfindung ausgelöst werden von einer verhältnissmässig kleinen Stelle, denn nur dadurch ist es möglich, das Gebiet genau zu begrenzen. Nun wachsen aber die Geschmacksempfindungen mit der Grösse des Areals, welches von der schmeckenden Substanz berührt wird; man kann deshalb sehr fein schmecken, wenn man eine Flüssigkeit im Munde verbreiten kann; von einer kleinen Stelle eine deutliche Geschmacksempfindung hervorzurufen, hat seine Schwierigkeiten. Es ist auch nicht gestattet, die Zunge

in den Mund zurückzunehmen, weil sich sonst die Substanz in der Mundhöhle verbreitet; somit fällt auch das gewöhnliche Umhertreiben der zu schmeckenden Substanzen und das Ansaugen an den Gaumen, wie es beim Kosten stattfindet, weg. Es ist noch das beste Verfahren, dass man auf die beschränkte schmeckende Stelle die zu untersuchende Substanz dauernd einstreicht oder gelinde einreibt; eine blos einmalige Berührung hat nicht dasselbe Resultat, als wenn man mit einem Pinsel oder mit dem Finger die schmeckenden Substanzen einige Zeit mit der Zunge in Berührung bringt. Ein zweiter Grund liegt darin, dass möglicher Weise das Verbreitungsgebiet nicht für alle schmeckenden Substanzen ein und dasselbe ist. Es ist sehr wahrscheinlich, dass die verschiedenen Geschmacksempfindungen des Süssen, des Sauren, des Bitteren nicht auf verschiedenen Erregungszuständen einer und derselben Nervenfaser, sondern dass sie auf Erregungszuständen verschiedener Nervenfasern beruhen, deren Verbreitungsgebiet ja nicht nothwendig übereinanderzufallen braucht. Denn wir müssen auch hier, wie anderswo, davon ausgehen, dass die qualitativ verschiedenen Empfindungen uns erzeugt werden durch qualitativ verschiedene Centralgebilde, und dass demnach jede Empfindung von aussen her nur dann hervorgerufen wird, wenn Nervenfasern erregt werden, die mit dem sie erzeugenden Centralgebilde in Verbindung stehen. Es konnten also verschiedene Experimentatoren, je nach den Substanzen, mit welchen sie vorzugsweise experimentirten, ein verschiedenes Verbreitungsgebiet für die schmeckende Region erhalten. Drittens liegt eine wesentliche Schwierigkeit bei den Geschmacksversuchen darin, dass die Geschmacksempfindungen sich mit Gefühlsempfindungen und mit Geruchsempfindungen combiniren. Dass sie sich mit Geruchsempfindungen combiniren liegt auf der Hand. Es ist bekannt, dass Menschen, die keinen Geruch haben, auch rücksichtlich vieler Substanzen ein nur unvollkommenes Unterscheidungsvermögen in Bezug auf den specifischen Geschmack besitzen. Die Empfindungen von Süss, Sauer, Salz und Bitter existiren für sie noch, aber sie haben nicht den specifischen Geschmack des Käses, nicht den specifischen Geschmack der Fleischbrühe; Chloroform, Alkohol, Aether werden als süss, süss und brennend, bitter und brennend bezeichnet. Aber auch mit Gefühlsempfindungen combiniren sich Geschmacksempfindungen. Es ist kein Zweifel, dass die Geschmacksempfindungen des Kühlenden, des Brennenden, des Herben, ja selbst des Sauren immer eine gewisse Beimischung von einer Gefühlsempfindung haben. Es ist in dieser Beziehung sehr bezeichnend, dass Kranke, denen wegen Durchschneidung des Ramus lingualis Nervi trigemini mit dem Geschmacke auch die Tastempfindung verloren gegangen ist, schon ohne vorhergehende Untersuchung sagen, dass sie vorne nur bis zur Halbscheid der Zunge schmecken, während reine Geschmackslähmungen einseitig oft ohne Wissen des Kranken bestehen. Man bringt Chinin auf die gesunde Seite; es wird sofort deutlich geschmeckt; man bringt es ganz in derselben Weise auf die kranke Seite; es wird nicht geschmeckt. Nun lässt man den Patienten den Mund schliessen, das Chinin verbreitet sich in der Mundhöhle und nun gibt er an, er schmecke es auf beiden Seiten. Der Geschmackssinn ist dabei, ich möchte sagen, der unsicherste, der unverlässlichste von allen unseren Sinnen. Seine Verlässlichkeit ist nicht zu vergleichen mit der des

Gesichtssinns und des Gehörssinns, auch selbst nicht mit der de
sinns. Wenn man wirklich über das Unterscheidungsvermöge
schmacksorganes experimentirt, so findet man, dass dasselbe
so verlässlich ist, als dies Laien gewöhnlich zu glauben pflege
trinker sind nicht im Zweifel darüber, dass der rothe Borde
von allen weissen Weinen verschiedenen Geschmack habe, und da
leichter sei, als ihn von solchen zu unterscheiden. Die einen tr
weissen Wein und mögen durchaus keinen rothen, die andern tri
gegen nur rothen Wein. Nichtsdestoweniger kann man zeigen. da
über solche Unterschiede, die ganz zweifellos scheinen, sich M
täuschen können. Wenn man Jemandem die Augen verbindet
rothen und weissen Wein zu kosten gibt, so unterscheidet er
erste Mal allerdings richtig; wenn er aber einige Male hin-
gekostet hat, so fängt er, wenigstens bei gewissen Sorten weisse
an Fehler zu machen, so dass man sieht, dass sein Unterscheid
mögen jetzt nicht mehr die volle Sicherheit hat. Es ist dies ein
ment, das oft gemacht ist, und bei dem manche Wette verlore

Das sind die Gründe, weshalb sich Geschmacksversuchen
bedeutende Schwierigkeiten entgegensetzen.

Die Zunge.

Unser wesentliches Geschmacksorgan ist die Zunge. Wir wol
näher betrachten und sehen, ob wir hier die ersten Angriffspunk
die schmeckenden Substanzen finden können.

Die Zunge trägt bekanntlich eine Schleimhaut, die mit ein
schichteten Pflasterepithel bekleidet ist, unter welchem eine Menge
drüsen liegen, die Glandulae linguales, und in der eine grosse Ze
peripherischen Lymphdrüsen liegt, welche sich von der Wurzel der
Tonsille quer über die Zunge zur Wurzel der andern Tonsille hi
zieht. Es sind dies die sogenannten Balgdrüsen. An der Oberflä
Schleimhaut befinden sich drei Arten von Papillen, die wir als P
filiformes, Papillae fungiformes und Papillae circumvallatae unter
Die Papillae filiformes bestehen aus einer im Allgemeinen conische
vorragung der Schleimhaut, in welche eine kleine Arterie hineingeht,
ein zierliches Capillarnetz bildet, und aus welchem wieder eine klein
das Blut abführt. Die Papillae filiformes sind mit einem sehr dick
schichteten Pflasterepithel überkleidet. An den Spitzen der Papi
formes verlängern sich die Epithelzellen und liegen dabei dachzieg
aufeinander. Sie bilden zwar beim Menschen nicht, wie bei den
thieren, förmliche Stacheln, aber sie bilden doch ein oder mehrer
lich lange spitzige Hervorragungen. Die spitzigen Hervorragungen
manchmal so lang werden, dass durch dieselben die ganze Zun
behaart erscheint, indem man in der That, wenn man über dieselben
eine Menge haarförmiger Gebilde in die Höhe richtet, welche
Anderes sind, als die Epithelfortsätze der Papillae filiformes. Der Au
behaarte Zunge, der mehrfach für solche Fälle gebraucht worden ist,
sofern unrichtig, als dies nicht wirkliche Haare sind, indem sie nic
Bau eines Haares haben und nicht nach Art eines Haares in den M
boden eingepflanzt sind. Sie haben aber allerdings mit den Haaren g
ihre fadenförmige Gestalt und das, dass sie eben Horngebilde sind,

Haare. Zwischen den Epithelzellen wuchert hier und anderswo auf der Zunge häufig in grosser Menge ein kleiner Pilz, der seine Fäden zwischen die einzelnen Epithelialzellen eindrängt, die Zellen umspinnt und überspinnt, und auf diese Weise die Hauptmasse des gelbweissen Beleges auf der Zunge bildet, den man mit dem Namen des katarrhalischen Beleges bezeichnet. Man hat eine Zeit lang geglaubt, dass dieser Beleg nur aus gelockerten und deshalb undurchsichtig gewordenen Epithelzellen bestehe; die mikroskopische Untersuchung lehrt aber, dass darin zu gleicher Zeit eine grosse Menge von Fäden und Sporen dieses Pilzes enthalten ist.

Die zweite Art der Papillen, sind die Papillae fungiformes. Diese stehen nur vereinzelt und sparsam auf dem vorderen Drittheil der Oberfläche der Zunge, aber sie stehen in grösserer Menge auf den zwei hinteren Drittheilen der Zunge und auf dem ganzen Rande der Zunge vertheilt. Sie haben die Form eines etwas plattgedrückten Knöpfchens, eine Form, welche man mit der gewisser Pilze verglich und deshalb diesen Papillen den Namen der Papillae fungiformes gab. Sie sind mit einem geschichteten Pflasterepithel überzogen, das aber dünner ist und nicht so verhornt, wie das, welches die Papillae filiformes überzieht. Zu diesen Papillen ziehen zahlreiche Nerven hin, welche offenbar in denselben endigen.

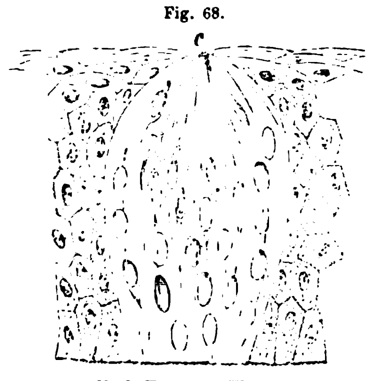
Die dritte Art der Papillen sind die Papillae circumvallatae. Sie stehen in Form eines römischen V auf der Wurzel der Zunge, stellen ihrer Gestalt nach im Allgemeinen kurze Cylinder oder abgestumpfte Kegel dar und sind ringsum mit einer grabenförmigen Vertiefung umgeben. In diese grabenförmige Vertiefung mündet ein ganzer Kranz von Schleimdrüsen ein, deren Körper zwischen den Muskelfasern der Zunge liegen, und welche mit ihren Ausführungsgängen in der Tiefe des Grabens die Schleimhaut durchbohren. Das Plateau der Papille hat eine, durch Erhebungen und Vertiefungen variirte Oberfläche, und darüberhin geht das geschichtete Pflasterepithel, welches auch die übrige Zunge überkleidet. Auch in diese Papillen treten zahlreiche Nerven und Gefässe hinein.

Wenn wir nun fragen, welche von diesen Papillen dem Geschmacke dienen, so müssen wir zunächst antworten, dass wahrscheinlich die Papillae filiformes mit der Geschmacksempfindung nichts zu thun haben. Sie scheinen erstens arm an Nerven zu sein, zweitens haben sie eine sehr dicke Oberhaut, welche gar nicht dazu angethan ist, den schmeckenden Stoffen den Eintritt zu den Nerven leicht zu eröffnen. Weiter kommen sie vor auf der ganzen Oberfläche der Zunge, auch auf dem vorderen Drittheil derselben, wo die Geschmacksempfindung jedenfalls sehr stumpf ist, nach Einigen, wie nach Stich und Klaatsch, gänzlich fehlt. In Rücksicht auf die Papillae circumvallatae macht schon ihr Nervenreichthum und ihre Lage an der Wurzel der Zunge, wo wir Geschmacksempfindungen, namentlich die des Bitteren, gewöhnlich mit grosser Intensität verspüren, wahrscheinlich, dass sie der Geschmacksempfindung dienen. Aber wir können mit Sicherheit sagen, dass es nicht die Papillae circumvallatae allein sind, mit welchen wir schmecken, da wir auch durch Theile der Zunge, in welchen keine solche, wohl aber Papillae fungiformes, vorhanden sind, Geschmacksempfindungen haben. Dies sind nicht allein Theile der Oberfläche, in welchen keine Papillae circumvallatae liegen, sondern auch der Rand der Zunge, wo keine Papillae circumvallatae, aber reichliche Papillae fungiformes zu finden sind. Die Papillae circumvallatae

und die Papillae fungiformes sind es, welche wir als die schmeckenden Gebilde der Zunge ansehen müssen.

Nun ist vor einer langen Reihe von Jahren zu beiden Seiten an der Zungenwurzel des Kaninchens ein Organ gefunden worden, das aus lauter kleinen, parallel nebeneinander liegenden Schleimhautfalten besteht. Dieses Organ scheint zuerst Rapp bekannt gewesen zu sein und ist später im Jahre 1842 ausführlich bei einer Reihe von Säugethieren und auch beim Menschen, bei dem es wenig entwickelt ist, von Professor Mayer in Bonn beschrieben worden. Es ist seitdem unter dem Namen Papilla foliata bekannt und ist in neuerer Zeit mehrfach Gegenstand der Untersuchung gewesen. Es hat Brühl schon vor 24 Jahren zwischen den Blättern dieser Papilla foliata an der Oberfläche der Schleimhaut kleine rundliche Gebilde gefunden, die er damals für Drüsen hielt. Solche sind in neuerer Zeit von Lovèn, Schwalbe, von Wyss und Engelmann näher untersucht worden, und es hat sich gezeigt, dass sie eigenthümliche, in das Epithel eingebettete Gebilde sind, die wahrscheinlich mit Nerven in Verbindung stehen, und welche man deshalb mit dem Namen der Schmeckbecher bezeichnet. Diese sogenannten Schmeckbecher finden sich nicht nur in den Falten der Papilla foliata, sondern auch in den Papillis circumvallatis, und zwar an den beiden Wänden des Grabens, welcher dieselben umgibt. Sie finden sich ferner auch an den Papillis fungiformibus mehr vereinzelt, theils eine, theils zu zweien auf dem Durchschnitte, so dass man sie jetzt nicht nur bei den Säugethieren, sondern auch beim Menschen an denjenigen Papillen gefunden hat, welchen man Geschmacksvermögen zuschreibt. Auch an den grösseren Papillen des weichen Gaumens, namentlich am oberen Theile der Uvula sind sie nachgewiesen worden. Die Schmeckbecher sind kleine in das Epithel eingebettete und aus verlängerten Epithelzellen gebildete Organe von der Gestalt, wie sie beistehende Fig. 68 zeigt. In denselben liegen längliche, zu beiden Seiten des Kernes in stab- oder schienenförmige Stücke ausgehende Zellen, welche mit ihren peripherischen Enden etwas zur Oeffnung des Schmeckbechers (Fig. 68 c) herausragen. Man glaubt nun, dass diese Gebilde mit den Nerven in Verbindung stehen, welche in die Papille hineingehen, und die man zu ihnen hinziehen sieht. Die Verbindung selbst ist nicht mit Sicherheit beobachtet worden. Da man aber die Schmeckbecher an denjenigen Partien findet, mit welchen geschmeckt wird, da man die Nerven zu ihnen hinziehen sieht, so ist es im hohen Grade wahrscheinlich, dass in der That die schmeckenden Substanzen in sie eindringen und hier Gebilde erregen, die mit den Nerven in Zusammenhang stehen. Es ist indessen sehr zweifelhaft, ob sie die einzigen Geschmacksorgane sind. Sertoli hat in der Papilla foliata des Pferdes mittelst Goldfärbung intraepitheliale

Fig. 68.



Nach Hans von Wyss.

Nervenverzweigungen gefunden, von denen es ihrer geschützten Lage wegen nicht wahrscheinlich ist, dass sie den Tastempfindungen dienen. Vielleicht dienen die Schmeckbecher nur einer bestimmten Geschmacksempfindung, die durch eine bestimmte Art von Nerven vermittelt wird.

Geschmacksempfindungen.

Wir haben oben gesehen, dass die verschiedenen Geschmacksempfindungen wahrscheinlich nicht verschiedene Erregungszustände in ein und derselben Faser sind, sondern, dass sie wahrscheinlich Erregungszustände verschiedener Arten von Nerven sind, die miteinander in das schmeckende Organ eintreten. Wenn wir fragen, welche Eigenschaft eine Substanz haben muss, um überhaupt Geschmacksempfindung zu erregen, so können wir im Allgemeinen nur sagen, dass sie zunächst löslich sein muss, damit sie sich überhaupt in der Flüssigkeit, welche die Zungenschleimhaut durchtränkt, verbreiten kann. Wir wissen aber, dass viele lösliche Substanzen durchaus keinen Geschmack haben, oder dass sie wenigstens einen so unbestimmten Eindruck auf die Geschmacksnerven machen, dass wir den Geschmack als fade bezeichnen. Mit anderen Worten, sie afficiren die Nervenendigungen nicht viel anders, als diese schon von der Mundflüssigkeit afficirt werden, mit welcher dieselben immer in Berührung stehen. In Rücksicht auf andere Substanzen aber, denen wir einen specifischen Geschmack zuschreiben, theilen wir den Geschmack in gewisse Kategorien ein, welche in einem gewissen Zusammenhange mit den chemischen Eigenschaften der Substanzen stehen. Von diesen Kategorien sind die am besten begrenzten, die des Salzigen, des Süssen, des Sauren, des Bitteren und diese sind insofern an gewisse chemische Verbindungen geknüpft, als Reihen von unter sich verwandten chemischen Verbindungen, gerade diese Geschmacksempfindungen hervorrufen. So ruft ein grosser Theil der Körper, die wir Säuren nennen, uns die Geschmacksempfindung des Sauren hervor. Die Zucker und das Glycerin, freilich auch mehrere andere, mit diesen durchaus chemisch nicht verwandte Körper, rufen uns die Geschmacksempfindung des Süssen hervor, das Chlornatrium und Chlorammonium rufen uns die Geschmacksempfindung des Salzigen hervor, und eine Reihe von organischen Basen, aber auch andere organische Verbindungen, rufen uns die Empfindung des Bitteren hervor. Es ist jedoch dieser Zusammenhang zwischen den Stoffen und den Geschmacksempfindungen, welche sie erregen, durchaus kein solcher, dass er in grösserer Ausdehnung in Rücksicht auf das chemische System durchgeführt werden könnte. Wenn wir also von der Idee ausgehen, dass verschiedene Geschmacksempfindungen auf der Erregung von verschiedenen Nerven beruhen, können wir nur sagen: Diejenigen Nerven, welche uns die Empfindung des Sauren erregen, werden von denjenigen Körpern am stärksten erregt, welche wir Säuren nennen, oder vielmehr von einer Reihe dieser Körper, und diejenigen Nerven, welche uns die Geschmacksempfindung des Süssen zubringen, werden am meisten erregt von den Zuckerarten u. s. w.

Es lehrt nun die Erfahrung, dass gewisse Geschmacksempfindungen einander compensiren können, ohne dass die chemischen Eigenschaften der erregenden Körper einander compensiren. Es ist bekannt, dass etwas, was

uns unangenehm sauer schmeckt, durch Zucker corrigirt werden kann, und dass es auch bis zu einem gewissen Grade durch Kochsalz corrigirt werden kann; und doch sind Zucker oder Kochsalz keine Substanzen, die die Eigenschaften der Säure neutralisiren könnten. Man muss also zu der Anschauung kommen, dass die Erregungszustände im Centralorgane einander compensiren, denn man kann nicht annehmen, dass der Zucker oder das Salz die eine Art von Nerven, die mit welchen wir sauer schmecken, weniger erregbar mache für Säuren. Die Anschauung, dass es sich um eine Compensation der Empfindungen im Centralorgane handle, findet auch darin ihre Bestätigung, dass wir nicht sagen können, dass die Geschmacksempfindung als solche schwächer wird. Wenn Säuren durch Zucker oder Salz corrigirt werden, wird die Geschmacksempfindung dadurch nicht schwächer, wir finden unsere Zunge nicht weniger afficirt, aber die Geschmacksempfindung wird weniger unangenehm, weniger lästig. Darauf beruhen die Corrigentia, sowohl in der Koch- als auch in der Receptirkunst.

Tastsinn und Gemeingefühl.

Wir gehen zu einem andern Sinne über, zum Tastsinne. Durch den Tastsinn haben wir das Vermögen räumliche Verhältnisse zu unterscheiden, indem wir von der Oberfläche unseres Körpers Localzeichen erhalten, welche zum Centralorgane fortgepflanzt werden. Die Anzahl der Localzeichen, welche wir von einem gegebenen Stücke unserer Oberfläche bekommen können, ist je nach dem Orte dieses Stückes sehr verschieden. Darüber hat Ernst Heinrich Weber eine ausgedehnte Reihe von Versuchen angestellt, die darin bestanden, dass er einem Menschen, dessen Augen verbunden waren, zwei Cirkelspitzen aufsetzte und untersuchte, wie weit er diese beiden Spitzen nähern konnte, während sie noch als doppelt empfunden wurden, also noch von jeder der beiden Spitzen ein gesondertes Localzeichen zum Gehirne gesendet wurde. Er fand auf diese Weise folgende Entfernungen als die kleinsten für getrennt wahrnehmbare Eindrücke:

An der Zungenspitze	1/2 Par. Lin.
An der Volarseite des letzten Fingergliedes	1 „ „
Am rothen Theile der Lippen	2 „ „
An der Volarseite des zweiten Fingergliedes	2 „ „
An der Dorsalseite des dritten Gliedes der Finger	3 „ „
An der Nasenspitze	3 „ „
An der Volarseite der Capitula ossium metacarpi	3 „ „
Auf der Mittellinie des Zungenrückens, 1 Zoll weit von der Spitze	4 „ „
Am Rande der Zunge, 1 Zoll von der Spitze	4 „ „
Am nicht rothen Theile der Lippen	4 „ „
Am Metacarpus des Daumens	4 „ „
An der Plantarseite des letzten Gliedes der grossen Zehe	5 „ „
Auf der Rückenseite des zweiten Gliedes der Finger	5 „ „

An den Backen	5	Par.	Lin.
An der äusseren Oberfläche des Augenlides	5	„	„
An der Mitte des harten Gaumens	6	„	„
An der Haut auf dem vorderen Theile des Jochbeines .	7	„	„
An der Plantarseite des Mittelfussknochens der grossen Zehe	7	„	„
Auf der Rückenseite des ersten Gliedes der Finger . .	7	„	„
Auf der Rückenseite der Capitula ossium metacarpi . .	8	„	„
Auf der inneren Oberfläche der Lippen nahe am Zahnfleische	9	„	„
An der Haut auf dem hinteren Theile des Jochbeines .	10	„	„
Am unteren Theile der Stirn	10	„	„
Am hinteren Theile der Ferse	10	„	„
Am behaarten unteren Theile des Hinterhauptes . . .	12	„	„
Auf dem Rücken der Hand	14	„	„
Am Halse unter der Kinnlade	15	„	„
Auf dem Scheitel	15	„	„
An der Kniescheibe und in ihrer Umgebung	16	„	„
Auf dem Kreuzbeine	18	„	„
Auf dem Glutaeus	18	„	„
Am oberen und unteren Theile des Unterarmes . . .	18	„	„
Am oberen und unteren Theile des Unterschenkels . .	18	„	„
Auf dem Rücken des Fusses in der Nähe der Zehen . .	18	„	„
Auf dem Brustbeine	20	„	„
Am Rückgrate, am Nacken unter dem Hinterhaupte . .	24	„	„
Am Rückgrate in der Gegend der 5 oberen Brustwirbel .	24	„	„
Am Rückgrate in der Lenden- und oberen Brustgegend .	24	„	„
Am Rückgrate an der Mitte des Halses	30	„	„
Auf der Mitte des Oberarmes und Oberschenkels . . .	30	„	„

Es steht nun zwar im Allgemeinen die Menge der Localzeichen, die gleichzeitig von einem Areal kommen kann, in Zusammenhang mit der Menge der Nerven, welche sich auf diesem Areal verbreiten; man darf sich aber nicht etwa denken, dass, wenn man die beiden Cirkelspitzen als einfach empfindet, sie dann nothwendig innerhalb des Verbreitungsgebietes einer einzigen Nervenfaser stehen.

Man hat sich die Haut nicht zu denken als eingetheilt in Bezirke, so dass ein Bezirk der Nervenfaser *a*, ein zweiter Bezirk der Nervenfaser *b* und ein dritter der Nervenfaser *c* angehört, und hat sich nicht zu denken: Wenn ich die beiden Cirkelspitzen so aufsetze, dass sie beide innerhalb des Verbreitungsgebietes der Nervenfaser *a* fallen, müssen sie einfach empfunden werden, wenn aber eine der Spitzen im Verbreitungsgebiete der Nervenfaser *a*, die andere im Verbreitungsgebiete *b* zu liegen kommt, dann müssen sie doppelt gefühlt werden. Dann müsste es dem Zufalle anheimgestellt werden, ob ich mit derselben Oeffnung der Cirkelspitzen einmal beide im Verbreitungsgebiete *a* aufsetze oder die eine im Gebiete von *a*, die andere im Gebiete von *b*. Eine solche Abgrenzung im Verbreitungsgebiete der Nerven der Haut existirt nicht: diese schieben sich vielmehr zwischen einander ein, so dass ein und dasselbe Hautstück gleichzeitig von mehreren Nervenfasern versorgt wird. Wenn ich die beiden Cirkelspitzen als doppelt empfinde, so heisst dies nichts anderes, als dass ich jetzt mit beiden Cirkelspitzen so weit verschiedene Nervenfasern treffe, dass die Localzeichen, die im Gehirne anlangen, hin-

reichend von einander verschieden sind, um eben als doppelt empfunden zu werden.

Lichtenfels und Fröhlich haben nachgewiesen, dass der Abstand der Cirkelspitzen, bei dem sie an einer bestimmten Stelle noch eben als zwei empfunden werden, abhängt vom Unterscheidungsvermögen im Centralorgan, dass der Abstand nicht nur zunimmt, wenn dieses durch Narkotika in seiner Erregbarkeit herabgesetzt wird, sondern auch abnimmt, wenn letztere gesteigert wird. Man kann sich also bildlich vorstellen, dass die Erregungen im Centralorgane Zerstreuungskreise werfen, die bald grösser bald kleiner sind, je nach seinem actuellen Zustande.

Czermak hat ferner gezeigt, dass es auch nicht ganz gleichgültig ist, ob man die beiden Cirkelspitzen gleichzeitig oder nacheinander aufsetzt. Wenn man die beiden Cirkelspitzen nacheinander aufsetzt, so werden in kleineren Abständen die Spitzen noch als doppelt empfunden, als wenn man sie gleichzeitig aufsetzt. Das wird von dem sogenannten mechanischen Zerstreuungskreise abgeleitet. Wenn ich eine Cirkelspitze aufsetze, so bringe ich dadurch eine Depression hervor, ich mache einen flachen Trichter. Ich wirke also durch den Druck der Spitzen nicht blos auf einen Punkt, sondern auf einen Punkt am stärksten, aber auch noch auf die umgebenden Punkte, in welchen die Haut auch herabgedrückt wird, und die Summe dieser umgebenden Punkte bezeichnet man mit dem Namen des mechanischen Zerstreuungskreises. Setze ich nun die beiden Cirkelspitzen nebeneinander auf, so ist beiden Zerstreuungskreisen ein Stück gemeinsam. Es ist das ganze Stück zwischen den Cirkelspitzen deprimirt. Setze ich dagegen die Cirkelspitzen nacheinander auf, so mache ich erst an der einen Stelle eine Depression und dann an der andern. Es fallen also jetzt die mechanischen Zerstreuungskreise bei demselben Abstande der Cirkelspitzen nicht in derselben Art theilweise zusammen, wie dies der Fall ist, wenn ich die beiden Cirkelspitzen gleichzeitig aufsetze.

Es tritt nun weiter die Frage an uns heran: In wie weit sind die anderweitigen Empfindungen, welche uns von der Haut zugehen, auch Empfindungen der Tastnerven. Man unterscheidet eine Reihe von Empfindungen als dem Gemeingefühle angehörig, indem man es gewöhnlich so auffasst, dass man bei den Sinneswahrnehmungen und auch beim eigentlichen Tasten in der Vorstellung nicht seinen eigenen Körper, sondern die Objecte fühlt, die man ansieht, die man riecht, die man hört, die man betastet; dass wir dagegen bei gewissen anderen Empfindungen das Gefühl haben, dass wir unseren eigenen Körper empfinden, und dies bezeichnet man mit dem Namen des veränderten Gemeingefühles. Als den Veränderungen des Gemeingefühles angehörig sieht man also an Schmerz, Kitzel, Schaudern, Unbehagen u. s. w.

Es fragt sich also: Wenn die Haut gekitzelt wird, und zwar so weit, dass dadurch ein Schaudern als Reflex in den Nerven der glatten Muskelfasern der Haut ausgelöst wird, oder das Lachen, also Reflex in den Respirationsmuskeln entsteht; ist dieses Kitzeln auch eine Empfindung der Tastnerven oder kommt mir diese durch andere Nerven zu? Ich glaube, dass das Kitzeln nichts Anderes ist, als eine besondere Art der Empfindung in unseren Tastnerven. Das Kitzeln entsteht dann, wenn

entweder eine Gruppe von Tastnerven sehr oft hintereinander schwach erregt wird, oder, wenn nacheinander Gruppen von Tastnerven schwach erregt werden. Es entsteht, wenn ich mit einem Federbart oder einem Strohhalm leise über die Haut hinfahre, es entsteht aber auch dann, wenn ich den Finger an eine schwingende Saite bringe, so dass sie sehr rasch hintereinander dieselbe Gruppe von Nerven wiederholt erregt.

Wir fragen dann weiter, ob der Schmerz, der uns erregt wird, wenn heftig gerieben wird, oder wenn die Haut gekneipt wird u. s. w., ob uns dieser auch durch die Tastnerven zugeht oder nicht. Es ist jetzt die Ansicht von Johannes Müller ziemlich allgemein angenommen, dass der Schmerz von gewöhnlichen Empfindungsnerven herrühre, die im Allgemeinen unseren Tastnerven als gleichwerthig zu betrachten sind und die eben in sehr hohem Grade erregt worden sind. Darnach müsste man also sagen, die höheren Grade von Erregungen der gewöhnlichen Empfindungsnerven sind es, welche wir als Schmerz empfinden. Man hat sich freilich auf die qualitativen Verschiedenheiten des Schmerzes, auf einen stechenden, einen schneidenden, einen drückenden Schmerz u. s. w. berufen; aber es lassen sich diese Verschiedenheiten auch auf die verschiedene Art der Erregung zurückführen. Wenn eine bestimmte kleine Gruppe von Nerven in sehr hohem Grade erregt wird, so haben wir einen stechenden Schmerz. Pflanzt sich die Erregung linear fort, dann haben wir einen schneidenden Schmerz. Wird dagegen eine grössere Menge von Nerven schwächer aber gleichzeitig erregt, dann haben wir einen drückenden Schmerz u. s. w.

Ein sehr wichtiger Einwand gegen diese Theorie ist gemacht worden. Es sind nämlich Fälle beobachtet worden, in denen die Empfindlichkeit gegen Schmerz verloren gegangen war, und doch noch ein ziemlich gutes Tastgefühl existirte. Man kann diese Beobachtungen nicht von der Hand weisen; eine derselben, die berühmteste, wurde von einem Genfer Arzt Vieusseux, der seinen Zustand ausführlich beschrieb, an sich selbst gemacht. In neuerer Zeit hat diese Thatsache weitere Bestätigung gefunden durch die Aussagen, welche Individuen über ihren Zustand in der Aether- oder Chloroformnarkose gemacht haben. Sie haben nicht selten ausgesagt, sie wären so weit narkotisirt worden, dass sie keinen Schmerz empfunden hätten, aber sie hätten noch gehört, gesehen, sie hätten noch die Dinge gefühlt. Es scheint dies auf den ersten Anblick zu beweisen, dass verschiedene Arten von Nerven uns die Tastempfindungen und die Schmerzempfindungen vermitteln. Man kann aber die Sache auch anders erklären. Man kann sie sich auch so erklären, dass zwar noch Eindrücke zum Gehirne fortgepflanzt werden können, dass aber diese Eindrücke im Centralorgane nicht mehr diejenige Höhe erreichen können, um eben Schmerzempfindungen zu veranlassen, und dass deswegen die betreffenden Individuen zwar noch fühlen, aber keinen Schmerz empfinden. Man kann aber die Sache auch noch in anderer Weise erklären. Man kann sich vorstellen, dass im Gehirne, abgesondert von den Theilen, in denen unsere Tastempfindungen ausgebildet werden, eigene Gebilde vorhanden seien, deren Erregung uns Schmerz verursacht, und die ich als Schmerzcentra bezeichnen will. Sie könnten von den Tastnerven aus erregt werden, aber nur durch Reize von einer gewissen Stärke, von einer grösseren Stärke, als sie nöthig ist, um Tastempfindungen zu erregen.

Es würde für sie eine eigene Reizschwelle, die Schmerzschwelle, existiren, und sie würden vermöge dieser gewissermassen als Wächter für die Integrität unseres Leibes aufgestellt sein, indem sie uns, sobald die Schmerzschwelle überschritten wird, zur Abwehr oder Flucht aufrufen. Denke ich mir nun, dass speciell diese Centra bei Vieusseux gelähmt waren, und dass das Chloroform diese Centra zuerst lähmt, so begreift sich der anscheinend so räthselhafte Zustand.

Wir kommen jetzt zu einer zweiten, fast noch schwierigeren Frage, zu der: Wie ist es mit den Temperaturempfindungen? Wir wissen, dass wir im Ganzen warm empfinden, wenn das Blut reichlich durch die Capillaren unserer Haut hindurchcirculirt, und dass wir kalt empfinden, wenn das Blut aus den Capillaren unserer Haut zurückweicht und sich im Innern des Körpers anhäuft. Ein Fieberkranker, der im heissen Sommer vom Froste geschüttelt wird, fühlt sich an seiner ganzen Körperoberfläche kalt. Es ist sein Blut aus den Capillaren der Haut zurückgewichen und hat sich im Innern des Körpers, namentlich in Leber und Milz, angehäuft. Ein Individuum, das eben aus einem kalten Bade von 9° bis 10° kommt, kann, wenn es sich nur kurze Zeit darin aufgehalten hat, so dass gleich eine sehr starke Reaction eintritt, sich auf seiner Hautoberfläche vollkommen warm fühlen, obwohl diese eben erkältet worden ist. Sieht man aber seine Haut an, so findet man, dass sie geröthet ist von reichlich zufliessendem Blute, und damit hängt es zusammen, dass das betreffende Individuum sich warm fühlt. Ich kann mir demnach vorstellen: Wenn ich einen warmen Körper anfühle, so erwächst mir das Gefühl der Wärme, weil jetzt das Blut an der betreffenden Stelle in die Capillaren der Haut einströmt, und umgekehrt, wenn ich einen kalten Körper anfühle, so erwächst mir das Gefühl der Kälte, weil das Blut aus den Capillaren zurückweicht. Es bleibt mir dabei unbenommen, mir vorzustellen, dass die Nerven auch durch die Temperaturveränderung direct verändert werden und somit auch das Gefühl, mit welchem sie im Centralorgane empfunden werden.

Es sind indessen doch ernstliche Schwierigkeiten vorhanden. Erstens ist das Unterscheidungsvermögen für warm und kalt keineswegs überall da am besten, wo die Tastempfindungen am besten sind. Es wird z. B. in manchen Gegenden empfohlen, beim Zurichten von Bädern nicht die Hand, sondern den Ellenbogen hineinzustecken, weil die Erfahrung gelehrt hat, dass man eine zu grosse Wärme des Bades mit dem Ellenbogen sicherer empfindet, als mit der Hand, obgleich dort das Unterscheidungsvermögen für Tasteindrücke und die Summe der Nervenfasern eine viel geringere ist als an der Hand: und doch ist das Wärmegefühl keineswegs unabhängig von der Summe der Nervenfasern, welche zugleich afficirt werden; denn, wenn ich einen Finger ins Wasser hineinstecke, so schätze ich die Temperatur weniger sicher, als wenn ich die ganze Hand hineinstecke und da wieder weniger sicher, als wenn ich den ganzen Arm eintauche.

Es existiren ferner ähnliche Beobachtungen, wie sie über den Schmerz gemacht wurden, auch über die Temperaturempfindung. Es existiren Angaben, dass an Kranken die Temperaturempfindung verloren gegangen sei, dass dagegen die gewöhnliche Tastempfindung noch erhalten war; und hier kommt man nicht ohne Weiteres mit der Erklärung aus, mit der wir uns beim Schmerze geholfen haben, mit der Erklärung, dass

die Eindrücke zwar zum Centralorgan fortgeleitet, aber dort nicht zur hinreichenden Höhe angesammelt worden wären, oder dass sie nicht stark genug waren, um zu den wärmeempfindenden Centren fortgepflanzt zu werden.

Man kann endlich bisweilen die Beobachtung machen, dass durch Temperatursreize und durch mechanische Reize verschiedene Reflexe ausgelöst werden. Ich habe vor nicht langer Zeit einen interessanten Fall dieser Art gesehen. Dr. Tschatschkin aus Odessa war hier im Laboratorium mit Versuchen über Wärmeregulirung beschäftigt. Er durchschnitt zu diesem Zwecke Kaninchen den Hirnstamm mittelst eines Schnittes durch die Varolsbrücke. Als ich eines Tages ins Laboratorium kam, fand ich eines seiner Thiere liegend mit eigenthümlichen Gehbewegungen, wie sie diese Thiere häufig zeigten. Die Thiere lagen auf der Seite, machten aber in ganz regelmässigem Tempo Bewegungen mit den Extremitäten, wie beim Gehen. Ich fasste das Thier an einer Extremität an und drückte sie etwas zusammen. Augenblicklich hörten die Gehbewegungen auf, und das Thier lag vollkommen still. Ich liess das Bein los, es setzte sich wieder in Bewegung. Ich nahm eine Hautfalte und drückte sie in derselben Weise wie früher das Bein, das Thier lag vollkommen still. Ich liess sie wieder los, das Thier setzte sich wieder in Bewegung. Ich nahm eines der Ohren und drückte es zwischen den Fingern; das Thier lag wieder vollkommen still, und als ich das Ohr losliess, setzte es sich wieder in Bewegung. Ich konnte diese Versuche, so oft ich wollte, wiederholen, das Resultat war immer dasselbe. Es war durch eine Erregung, die zum Centralorgan fortgepflanzt worden war, eine Reflexhemmung entstanden, es waren motorische Impulse, die sonst die Bewegung ausgelöst hätten, gehemmt worden. Nun machte ich in einem Reagirglase Wasser siedend und versuchte, ob ich dadurch, dass ich durch das siedende Wasser einen Schmerz erzeugte, die Gehbewegungen stillstellen könne. Aber dies war vollkommen wirkungslos. Das Thier machte einige Bewegungen, als ob es sich dem Reize entziehen wollte, aber die Gehbewegungen dauerten fort. Als ich endlich das Glas mit heissem Wasser an die Ohrmuschel brachte, fing das Thier heftig zu schreien an; aber es machte seine Gehbewegungen nach wie vor. Es waren also hier durch einen mechanischen Reiz und andererseits durch einen Temperatursreiz ganz verschiedene Reflexe ausgelöst, das eine Mal eine Hemmung, das andere Mal Reflexbewegung, Schreien.

Ich muss jedoch hinzufügen, dass man aus der Verschiedenheit der Reflexe noch nicht mit Sicherheit auf besondere Nerven für die Temperatursempfindungen schliessen kann. Wir haben vorher gesehen, dass es im hohen Grade wahrscheinlich ist, dass die Empfindung des Kitzelns und die Schmerzempfindung von einer und derselben Art von Hautnerven vermittelt wird. Wenn Sie nun aber ein Individuum unter den Fusssohlen kitzeln, dann bringen Sie es zum Lachen, wenn Sie ihm aber die Bastonade auf die Fusssohlen geben, so werden Sie dadurch eine ganz andere Reflexbewegung hervorrufen, nämlich das Schreien. Obgleich es sich hier höchst wahrscheinlich um dieselben Nerven handelt, so werden doch verschiedene Reflexe ausgelöst.

Wir stehen also in Rücksicht auf die Temperatursnerven, wie in Rücksicht auf die Nerven des Gemeingefühls überhaupt noch im Zweifel.

Wir können nicht sagen, wie viel verschiedene Arten von empfindenden Nerven wir haben, welche von unseren Empfindungen uns durch diejenige Art von Nerven zugebracht wird, welche uns auch zum Tasten dient, und welche Empfindungen uns noch zugebracht werden durch besondere, specifische Nervenarten.

Hieran knüpft sich die Frage, ob es einen sechsten Sinn gibt. Abgesehen von den Irrthümern, welche durch Magnetiseure, durch Mesmeristen verbreitet worden sind, sind es wesentlich die Versuche von Spallanzani, welche dazu geführt haben, diese Frage zu erörtern.

Es fiel Spallanzani auf, dass die Fledermäuse auch in der Dunkelheit Hindernisse, welche sich ihnen entgegenstellen, mit grosser Geschicklichkeit vermeiden und niemals mit den Flügeln an irgend ein solches Hinderniss anstossen. Um zu sehen, ob es das Gesicht sei, welches sie leitet, blendete er die Fledermäuse. Er fand aber, dass sie auch dann in derselben Weise und mit derselben Geschicklichkeit die Hindernisse vermieden. Er spannte Fäden in seinem Zimmer aus und fand, dass die Fledermäuse zwischen denselben herumflatterten und auch an die Fäden nicht anschlugen.

Man hat aus diesen Versuchen den Schluss gezogen, dass die Fledermäuse einen sechsten Sinn haben müssten, dass sie Perceptionsorgane haben müssten, die nach einem andern Principe gebaut sind, als unsere Sinnesorgane und Wirkungen vermitteln, welche unsere Sinneswerkzeuge ihrer Natur nach nicht vermitteln können. Es ist jedoch dieser Schluss nicht vollkommen gerechtfertigt. Es ist bekannt, dass auch wir die Strahlungen wahrnehmen, die von den Aussendingen ausgehen und zwar nicht nur durch unsere Augen, sondern auch durch die Nerven unserer Hautoberfläche. Nur bekommen wir durch die Nerven unserer Hautoberfläche begreiflicherweise keine Bilder, wir empfinden nur die Strahlungen als solche, und empfinden sie verhältnissmässig stumpf: deshalb bemerken wir von den einigermassen gleichwarmen Körpern im Allgemeinen nichts. Wenn wir aber in die Nähe eines warmen Ofens oder in die Nähe eines Feuers kommen, so nehmen wir diese Dinge nicht allein durch das Gesicht wahr, sondern auch durch die Strahlung, welche unsere Haut trifft. Da nun von allen Körpern Strahlungen ausgehen, und zwar nicht blos, wenn sie beleuchtet sind, sondern auch im Dunkeln, aber eben Strahlungen, die wir nicht sehen, sondern Strahlungen von dunklen Wärmestrahlen, so ist es, wenn wir uns die Empfindung von Hautnerven sehr erhöht und verfeinert denken, nicht ganz unmöglich, dass die Ausstrahlungen der Körper, als solche, von Thieren empfunden werden, und dass sie dadurch geleitet werden, dieselben zu vermeiden.

Freilich setzt dies eine Schärfe des Unterscheidungsvermögens voraus, von welcher unter uns Menschen selbst der empfindlichste keine Vorstellung hat: aber haben wir denn eine Vorstellung von der Feinheit des Geruchssinnes eines Hundes oder eines Rehes? Bei den Fledermäusen kommen ausserdem sehr ausgebreitete und zarte Hautoberflächen vor. Zunächst die Hautoberfläche der Flügel mit ihren sehr zahlreichen Nerven, dann die Hautfalten auf der Nase, welche namentlich bei einem Genus, das davon den Namen Phyllostoma erhielt, zu förmlichen gefalteten blattartigen Fortsätzen entwickelt sind. Wenn man dies berücksichtigt, so kann man es nicht für unmöglich halten, dass vielleicht

hier Eindrücke auf sehr empfindliche und in vortheilhafte Bedingungen gesetzte Tast- oder Temperatursnerven übertragen und durch diese wahrgenommen werden.

Es ist sehr schwer zu urtheilen über die Frage nach dem sechsten Sinn, weil wir von einem solchen uns gar keine Vorstellung machen können. Alle unsere Vorstellungen stammen aus den fünf Sinnen, die wir besprochen haben, und für die Vorstellungen, die uns aus den Wahrnehmungen eines sechsten Sinnes erwachsen könnten, fehlt es deshalb in unserem Gehirne ganz an Materiale: wir können uns eben diese Vorstellungen nicht bilden.

Zeugung und Entwickelung.

Urzeugung.

Auf welche Weise können sich Organismen, also im Allgemeinen Thiere und Pflanzen vermehren? Da tritt uns zunächst die grosse Frage von der Urzeugung, von der sogenannten Generatio aequivoca seu spontanea, entgegen. Es handelt sich nicht darum, die Frage zu erörtern, ob überhaupt jemals Organismen aus unbelebten und anorganischen Dingen entstanden sind, sondern es handelt sich darum, die Frage zu erörtern, ob noch heutzutage aus unbelebten Dingen lebendige hervorgehen.

Die Generatio aequivoca hat im Laufe der Zeiten immer mehr an Terrain verloren. Im Alterthume gab man ihr die weiteste Ausdehnung. Selbst Aristoteles glaubte, dass die Raupen aus den grünen Blättern, dass die Maden aus dem Käse entstehen, ja dass gewisse Fische, die sich im Schlamme und im Sande finden, aus dem Schlamme und Sande entstanden seien.

Erst die Academia del Cimento legte die Axt an diese Theorie, indem Redi nachwies, dass die Maden nicht aus dem Käse und aus dem Fleische, sondern aus Eiern entstehen, welche die Fliegen an das Fleisch hinlegen. Redi bedeckte Fleisch mit einem Sturz aus Gaze und fand nun, dass sich in dem Fleische keine Maden entwickelten: er sah aber, dass die Fliegen das Fleisch umschwärmten, und dass sie da, wo das Fleisch nahe an der Gaze lag, ihre Eier an dem Sturze absetzten.

In späterer Zeit wurden diese Beobachtungen von Anderen fortgesetzt. Vor Allem ist es aber Swammerdam, der durch genaues Studium des Lebens, der Metamorphose und der Fortpflanzung der Insecten in Rücksicht auf diese die Lehre von der Urzeugung für alle Zeiten unmöglich gemacht hat. Er legte seine Beobachtungen in dem berühmten Werke, das er Biblia naturae seu Historia insectorum benannte, nieder.

Während man nun auf diese Weise über die höher entwickelten Thiere belehrt wurde, eröffnete sich durch das Mikroskop ein neues weites Feld für die Lehre von der Generatio spontanea, indem man eine ganz neue Welt von kleinen thierischen und pflanzlichen Organismen kennen lernte, welche anscheinend aus leblosen Dingen hervorgingen. Man schuf eine ganze Abtheilung von Thieren, die noch heute als solche in der

Zoologie existirt, die Abtheilung der Infusorien oder Aufgussthierchen, das heisst, der Thiere, die man in Aufgüssen von verschiedenen Dingen fand und züchtete, zum Theil von Dingen, von denen man glauben sollte, dass sie wenig geeignet sind, organischem Leben zu dienen, z. B. in Aufgüssen von Pfeffer. Da man nun solche Thierchen in allen möglichen Aufgüssen entstehen sah, auch in solchen, in welchen anscheinend keine andern solchen Thiere oder deren Keime hineingekommen waren, so glaubten Viele die Generatio aequivoca für die Infusorien aufrecht erhalten zu müssen.

Da war es in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts namentlich Ehrenberg, der durch seine ausgedehnten Untersuchungen über die Infusorien die Entstehung derselben auf dem Wege der Urzeugung in wirksamer Weise bekämpfte. Er konnte aber immer nur zeigen, dass die Generatio aequivoca auch für die Infusion höchst unwahrscheinlich sei. Der experimentelle Beweis, dass sie auch für die niedrigsten Organismen nicht existire, wurde erst später, und zwar am Ende der dreissiger und am Anfange der vierziger Jahre geliefert von Schultze, von Schwann und von Helmholtz.

Man wusste seit längerer Zeit, dass man die Gährung, bei der sich bekanntlich ein mikroskopischer Pilz entwickelt, durch hermetischen Verschluss hindern könne, dass man sie auch hintanhalten könne durch kleine Mengen von Substanzen, welche dem organischen Leben feindlich sind, so z. B. durch kleine Mengen schwefliger Säure. Darauf beruht das Schwefeln des Mostes und der Weinfässer, das ja seit langer Zeit geübt wurde. Man wusste ferner, dass man die Schimmelbildung durch hermetischen Verschluss hindern kann. Darauf beruht das Einsieden des Dunstobstes. Es wird das Obst zu diesem Zwecke in Gläser hineingelegt, die mit einer Thierblase oder jetzt mit Pergamentpapier verschlossen werden. Dann werden diese längere Zeit auf 100° erhitzt, so dass die ganze Flüssigkeit im Innern die Temperatur von 100° annimmt. Dann nimmt man sie heraus und lässt sie, ohne sie zu öffnen, stehen. Der Process, der hier vorgegangen ist, ist uns jetzt ganz klar. Wir wissen, dass die Keime des Organischen darin zerstört worden sind, und dass eben der hermetische Verschluss gehindert hat, dass neue Keime hineinkamen und dass deswegen keine Schimmelbildung eintritt.

Alle diese Wahrnehmungen mussten also zu der Idee führen, dass es die Keime des Organischen seien, welche die Schimmelbildung und die Gährung einleiten, und dass eben die Keime des Organischen von aussen hineinkommen, dass sie nicht durch Generatio aequivoca in den Substanzen entstehen.

In der That überzeugte Milne Edwards sich, dass, wenn man die Aufgüsse, in welchen die Infusorien in Masse entstanden, in einem Glasgefässe auf 100° längere Zeit erhitzte und das Glasgefäss zuschmolz, dann auch die Infusorien sich nicht bildeten. Die Parteigänger der Generatio aequivoca machten aber geltend, dass man hier den Organismen ja die Lebensbedingungen abschneide: man könne nicht erwarten, dass sich mikroskopische Thiere oder Pflanzen entwickeln sollten, wenn man ihnen den Sauerstoff der atmosphärischen Luft vorenthalte. Um diesem Einwande zu begegnen, wurden nach einander von Schultze, von Schwann und von Helmholtz Versuche angestellt, bei welchen atmo-

sphärische Luft reichlich zugeführt wurde, bei denen aber die Keime des Organischen in der atmosphärischen Luft vorher zerstört waren. Denken Sie sich eine Flasche oder einen Kolben, in welchem sich die Flüssigkeit befindet, welche der Fäulniss oder der Gährung unterliegen soll, denken Sie sich, dieselbe sei zum Sieden erhitzt, um die Keime des Organischen in ihr zu zerstören, und von da ab werde ihr zwar die Luftzufuhr nicht abgeschnitten, aber es werde ihr nur solche Luft zugeführt, die entweder vorher in ganz kleinen Blasen durch concentrirte Schwefelsäure gegangen und dann wieder mit Wasser gewaschen ist, oder die man vorher so weit erhitzt hat, als es das zuführende Glasrohr, wozu man ein enges Rohr aus schwer schmelzbarem böhmischem Glase wählt, erträgt ohne weich zu werden; dann entstehen in der Flüssigkeit keine Organismen, es entsteht keine Schimmelbildung, keine Gährung und auch keine Fäulniss im gewöhnlichen Sinne des Wortes, weil deren Erscheinungen wesentlich unter der Mitwirkung niederer Organismen zu Stande kommen.

In neuerer Zeit hat man ein noch viel einfacheres Mittel, die atmosphärische Luft zu reinigen, ein Mittel, das sich, wenn auch nicht immer, so doch häufig wirksam erweist. Man braucht eine Flasche, in der man z. B. eingesottenes Obst aufbewahrt, gar nicht hermetisch zu verschliessen, wenn sie nur einen hinreichend langen Hals hat, welchen man mit loser Baumwolle vollstopfen kann, so ist diese lose Baumwolle, obwohl sie die atmosphärische Luft nicht abhält, doch ein Schutzmittel gegen die Schimmelbildung. Die Sporen des Schimmels, die sonst auf das Obst gefallen wären, bleiben jetzt an den Fasern der Baumwolle hängen.

Zu jener Zeit, als die erwähnten Versuche gemacht wurden, wurde auch die richtige Theorie der Alkoholgährung aufgestellt, die Theorie, welche aussagt, dass der Zucker unter dem directen Einflusse der kleinen lebenden Organismen zerfalle, welche wir mit dem Namen der Gährungspilze, Torula cerevisiae, bezeichnen. Mein verstorbener Lehrer Eilhard Mitscherlich ist damals von einem berühmten Fachgenossen verspottet worden, weil er die Theorie vertheidigte, welche heutzutage allgemein angenommen ist und seltsamer Weise in manchen Kreisen als eine Errungenschaft der neuesten Zeit angesehen wird.

Es bleibt nun noch eine Reihe von Thatsachen übrig, die für die Generatio spontanea in Anspruch genommen wurden, von denen es sich aber auch gezeigt hat, dass sie in ganz anderer Weise zu erklären sind. Man hatte zunächst gefunden, dass sich Thiere und Pflanzen mitunter in Gegenden entwickeln, in denen sie früher gar nicht gefunden worden sind, so dass man auf den ersten Anblick nicht recht begriff, woher denn die Keime gekommen sein sollten, aus denen sich diese Thiere oder Pflanzen entwickelten. Es versumpfte z. B. eine Gegend, die früher trocken gelegen hatte, und wo meilenweit keine Sumpfpflanzen zu finden waren, und mit der Versumpfung stellte sich auch eine ganze Flora von Sumpfpflanzen ein. Eine chlornatriumhaltige Quelle wurde zu Tage gefördert, und um die Salzquelle herum zeigten sich nach einiger Zeit solche Pflanzen, welche auf einem chlornatriumhaltigen Boden zu gedeihen pflegen, sogenannte Natronpflanzen, die früher in der ganzen Gegend nicht zu finden waren. Offenbar hat es sich aber hier nicht um eine Generatio spon-

tanea gehandelt, sondern nur darum, dass Keime dahin vertragen w
sind, die auch früher dahin vertragen wurden, und von denen
vielleicht lange an Ort und Stelle gelegen hatten, für welche a
günstigen Bedingungen zur Entwickelung fehlten. Wir wissen, da
Samen mancher Pflanzen ihre Lebensfähigkeit viele Jahre lang bew
können, und dass es dann nur der günstigen Bedingungen für ihre E
wickelung bedarf, um die letztere hervorzurufen. Somit können w
solchen Thatsachen, wie die eben erwähnten, keinen Grund mehr f
Generatio spontanea ableiten.

Ein anderes Factum ist folgendes: Man fand in sonst ganz
Gegenden in Gruben von Gestein, in welchen sich Wasser anges
hatte, ja selbst in Dachrinnen, die man früher leer gefunden, di
gelegentlich gekehrt worden waren, wenn sich Wasser darin ansam
kleine Thiere, Räderthierchen und Tardigraden. Man glaubte ann
zu müssen, dass dieselben durch Generatio aequivoca entstanden
Nun ist es aber bekannt, dass bei diesen Thieren nicht nur die K
sondern die Thiere selbst eine wunderbare Dauerhaftigkeit besitze
können gänzlich austrocknen und können dann durch Monate lang
bewahrt werden. Sie sind bis neun Monate lang im getrockneten Zu
aufbewahrt worden, und, wenn man sie dann wieder aufweichte, so le
sie wieder auf und waren wie vor dem Austrocknen. Sie können als
im ausgetrockneten Zustande vom Winde als Staub vertragen wer
und da, wo sie niederfallen, wieder aufleben, wenn ihnen das dazu nö
Wasser zukommt.

Man könnte sagen, auf diesen Gesteinen und in diesen Dachrin
wo sich eine sehr hohe Temperatur durch die Sonnenstrahlen entwick
müssten die Thiere umgekommen sein, da ja bekanntermassen die me
Thiere keine Temperatur von 50° und darüber aushalten. Aber der
nicht so. Die vertrockneten Thiere verhalten sich anders als die feuch
Doyère hat die vertrockneten Thiere auf 120°, ja auf 140° erhit
können, ohne dass sie dadurch ihre Lebensfähigkeit verloren hätten.
hängt das offenbar damit zusammen, dass die Eiweisskörper in höh
Temperaturen nur dann in den unlöslichen Zustand übergehen, wenn
durchfeuchtet sind. Gewöhnliches lösliches Eiweiss, wenn es eingetro
wird, kann längere Zeit auf 100° erhitzt werden, ohne dass es dadur
seine Löslichkeit verliert.

Andere Gründe für die Generatio spontanea hat man von den E
geweidewürmern her nehmen wollen. Es schien, als habe man hier
weniger Unwahrscheinlichkeit zu kämpfen, als bei der Generatio sponta
im weiteren Sinne. Die Eingeweidewürmer sollten nicht aus etwas L
losen entstehen, sondern aus Elementen des Wohnthieres, welche sich
anomaler Weise entwickelt hatten. Man muss sich daran erinnern, dass
Spermatozoiden längere Zeit für Thiere gehalten wurden, und da sich di
offenbar aus Elementen des menschlichen Organismus entwickelten,
kam den Leuten der Schritt nicht so gross vor, auch noch anzunehm
dass andere Thiere, welche sich im Organismus finden, dass Eingewe
würmer aus den Elementen desselben hervorgehen.

Die ausgedehnten Studien, die in neuerer Zeit über Eingeweide
würmer gemacht worden sind, haben aber von alledem nichts bewahr
heitet, sie haben nur gezeigt, dass die Eingeweidewürmer sich aus Keim

entwickeln, die von ihresgleichen herrühren, niemals aus solchen, welche vom Hause aus ihrem Wohnthiere eigenthümlich angehören, und einen integrirenden Bestandtheil von dem Leibe desselben ausmachen.

Vermehrung durch Theilung.

Die einfachste Art der Fortpflanzung und der Vermehrung, welche wir kennen, ist die durch Theilung. Man muss die Vermehrung durch Theilung im Zusammenhange auffassen mit dem Reproductionsvermögen. Das Reproductionsvermögen ist im Allgemeinen um so grösser, je niedriger die Thiere in der Thierreihe stehen. Menschen und Säugethiere reproduciren, wie bekannt, nur gewisse Gewebe, sie reproduciren die Horngebilde, Knochen, Bindegewebe, bis zu einem gewissen Grade Theile des Nervensystems, insofern als ein durchschnittener Nerv, wenn die Enden nicht zu weit von einander entfernt sind, zusammenheilt, so dass er wieder leitend wird. Sie reproduciren aber keine ganzen Körpertheile, keine ganzen Organe.

Schon bei den Amphibien kommt die Reproduction ganzer Körpertheile, wenn auch unvollkommen, vor. Man sieht nicht selten Eidechsen, die statt ihres langen, zierlichen Schwanzes einen kurzen, missgefärbten Kegel an einen natürlich gefärbten Stumpf angesetzt tragen. Das sind solche, bei denen der Schwanz verloren gegangen, bei denen er sich in Gestalt eines solchen Kegels reproducirt hat.

Bei den Froschlarven und noch mehr bei den Tritonen kommen Reproductionen ganzer Extremitäten vor. Beinchen, die man ihnen abgeschnitten hat, werden wieder reproducirt, auch ein halber Unterkiefer, ein halbes Auge kann reproducirt werden.

Noch viel grösser ist das Reproductionsvermögen bei manchen wirbellosen Thieren. Schon bei den Gliederthieren, obgleich ihr Bau der Reproduction im Ganzen ungünstig zu sein scheint, kommt Reproduction von Gliedmassen vor. So verlieren z. B. die Krebse nicht selten ein oder die andere Scheere, und reproduciren sie, was man daran erkennt, dass ein solcher Krebs eine grosse und eine kleine Scheere besitzt.

Das grösste Reproductionsvermögen findet sich aber bei manchen Würmern und bei manchen Polypen. So bei den Naiden, unter denen namentlich Nais proboscidea zu einer Reihe von Versuchen gedient hat. Man kann dieselbe nicht blos durchschneiden, so dass dann das eine Stück und das andere Stück hintereinander fortkriechen, und am hinteren Stücke ein neuer Kopf entsteht und am vorderen ein neuer Schwanz, sondern man kann sie sogar in mehrere Stücke schneiden, und jedes dieser kann sich noch zum vollständigen Thiere entwickeln. Die Planarien kann man in verschiedenen Richtungen durchschneiden, und die einzelnen Stücke ergänzen sich dann wieder nach und nach zu vollständigen Thieren. Unser kleiner Süsswasserpolyp, die Hydra viridis, hat ihren Namen nach ihrem Reproductionsvermögen, weil sie in dieser Beziehung mit der Hydra verglichen wird, dem Märchen des Reproductionsvermögens, das uns das Alterthum überliefert hat. Abraham Trembley hat an der Hydra viridis eine lange Reihe von Versuchen gemacht, durch welche er gezeigt hat, dass Stücke der Axe sich zu ganzen Thieren reproduciren, einzelne

abgeschnittene Arme zwar im Wasser fortleben, aber kein ganz
wieder aufbauen.

Sie brauchen jetzt an die Stelle dieser künstlichen Theilun
eine natürliche zu setzen, und haben dann das, was wir mit dem
der Fortpflanzung, der Vermehrung durch Theilung benennen.

Denken Sie sich z. B., dass die Glocke einer Vorticelle sich
am Rande einbiegt, dass die Einbiegung immer tiefer wird, so da
der becherförmigen Glocke zuletzt zwei Glocken entstehen, dass sie
vollständig von einander trennen, dass jeder der beiden ein eigene
stück nachwächst, so haben Sie nun zwei Vorticellen, zwei Indiv
statt des früheren einfachen Individuums. Auch bei anderen Inf
kommt in ähnlicher Weise Vermehrung durch Theilung vor. Es mus
bemerkt werden, dass sie hier nicht ganz so häufig ist, wie man
geglaubt hat. Man hat früher eine Verwechslung begangen, m
immer, wenn man zwei Infusorien in unmittelbarer Verbindung
einander sah, dies für ein Thier gehalten, das in Theilung begrif
Balbiani hat aber später gezeigt, dass diese Doppelthiere kein
immer so zu deuten sind, sondern dass bei den Infusorien auch gesc
liche Zeugung vorkommt, dass einige derselben sich begatten, und
sie sich dann so unmittelbar an einander legen, dass man ein Th
Theilung vor sich zu haben glaubt.

Die Fortpflanzung durch Theilung ist nicht auf freilebende Or
men beschränkt: sie kommt auch im ausgedehntesten Maasse in
Elementarorganismen vor, welche unseren Körper zusammensetzen, i
Zellen. Sie ist hier angenommen worden, so lange überhaupt die Z
theorie existirt, aber direct beobachtet ist sie erst in neuerer Zeit
Stricker. Die früheren Angaben über Theilung der Zellen beziehe
darauf, dass man eine Reihe von Bildern neben einander gehabt
welchen man verschiedene Grade der Einschnürung gesehen hatte,
deshalb auch mit einem gewissen Rechte auf eine Theilung der Z
schloss. Es ist aber noch ein Unterschied, ob man einen solchen Sc
aus einer Reihe von Bildern macht, oder ob man vor seinen A
solche Theilungen vor sich gehen sieht. Das ist eben erst in ne
Zeit geschehen. Es zeigte sich, dass, während das Protoplasma einer Z
gewöhnlich eine Hauptmasse ist, von der die Fortsätze ausgehen,
selbe sich zunächst so anordnet, dass es zwei Hauptmassen bildet,
aber noch durch eine Brücke mit einander in Verbindung stehen. D
Brücke wird nach und nach immer dünner und länger, manchmal k
sie sich dazwischen wieder verdicken, die Protoplasmamassen kö
temporär wieder zusammenfliessen, dann gehen sie wieder auseinar
endlich kommt ein Moment, wo diese Protoplasmabrücke reisst und
einem Individuum, aus einer Zelle zwei geworden sind.

Vermehrung durch Knospenbildung.

Die andere Art der Fortpflanzung ist die durch Knospenbild
Das Wesentliche der Knospenbildung ist, dass irgendwo an dem m
lichen Organismus ein Gebilde, eine Hervorragung entsteht, die sich
der Weise differenzirt, dass man darin die Anlage des neuen Individ
erkennt, dass dieses neue Individuum sich bis zu einem gewissen Gr

von Vollkommenheit an dem mütterlichen Stamme entwickelt, während es sich allerdings später von demselben ablösen kann. Der Name und das Paradigma der Knospenbildung ist, wie Sie leicht einsehen, von den Pflanzen hergenommen, wo Sie den Process der Knospung täglich und stündlich vor sich gehen sehen. In der That sind es auch die Thiere, welche man früher als Pflanzenthiere bezeichnete, an welchen die Knospung zuerst beobachtet wurde. Es bildet sich bei ihnen ein Stamm, an dem wie an einer Pflanze neue Knospen und neue Aeste sich entwickeln. Aber wesentlich derselbe Process kommt auch bei andern Thieren vor. So fand Milne Edwards an der sicilianischen Küste einen Wurm, Myrianida fasciata, der an seinem hinteren Ende durch Knospung ein neues Individuum erzeugte, dann zwischen seinem Hinterende und dem Vorderende des Jungen ein zweites und so fort bis eine Kette von sechs Individuen entstand. Dabei hatten die Jungen Geschlechtsorgane, während dieselben dem Mutterthiere fehlten. Einen ähnlichen Process der Knospung stellt die Gliederbildung bei den Bandwürmern dar, nur dass hier keine vollständigen Thiere, sondern unselbstständige, der geschlechtlichen Fortpflanzung dienende Partialorganismen erzeugt werden.

Fortpflanzung durch Keimkörper und durch Eier.

Die dritte Art der Fortpflanzung und Vermehrung ist die durch Keimkörper und durch Eier. Man hat diese früher so von einander unterschieden, dass man gesagt hat, Keimkörper sind solche Körper, aus denen sich in ähnlicher Weise wie aus Eiern junge Individuen entwickeln können, aber ohne dass sie erst befruchtet werden. Die Eier unterscheiden sich dadurch von den Keimkörpern, dass sie die geschlechtliche Fortpflanzung repräsentiren, dass es nothwendig ist, dass das Ei vor seiner Entwickelung erst befruchtet wird. Dieser Unterschied hat sich aber in neuerer Zeit nicht mehr als haltbar erwiesen. Denn es hat sich erstens gezeigt, dass die ersten Anfänge der Entwickelung bei allen Eiern statthaben, gleichviel, ob sie befruchtet sind oder nicht, dass sie sich also in Rücksicht auf ihre Entwickelungsfähigkeit von den Keimkörpern nur dadurch unterscheiden, dass sie nach den allerersten Anfängen der Entwickelung stehen bleiben. Aber noch mehr: die Eier gewisser Thiere entwickeln sich, wenn sie auch nicht befruchtet worden sind, vollständig. Es findet dies statt bei der sogenannten Parthenogenesis.

Dieselbe wurde zuerst durch Beobachtungen an Bienen sichergestellt. Es ist bekannt, dass die Bienenkönigin den Stock fortpflanzt, dass es aber ausserdem in dem Stocke eine grosse Menge von verkümmerten Weibchen gibt, welche den Namen der Arbeitsbienen führen. Diese sind in ihren ersten Anfängen, als junge Maden, nicht verschieden von der Königin, sie werden nur durch die Art der Aufzucht verschieden gemacht. Es zeigt sich, dass, wenn die jungen Königinnen in einem verhältnissmässig frühen Stadium zu Grunde gehen, die Arbeitsbienen, damit der Stock seines Oberhauptes nicht beraubt wird, Arbeitermaden in die Königinnenzellen hineinschleppen, und anfangen, sie mit einem besseren und reichlicheren Futter, dem sogenannten Königinnenbrod, zu füttern, und dass sie sich dadurch neue Königinnen aufzuziehen wissen.

Es ist weiter bekannt, dass die Bienenkönigin sich niemals
halb des Stockes begattet, sondern dass sie dies immer nur auf
Ausflügen thut. Nun haben Bienenwirthe beobachtet, dass, wenn
Königin flügellahm wird, sie nicht aufhört Eier zu legen, und dass
diese Eier sich noch entwickeln, aber dass sich aus diesen nur Dr
entwickeln, und man sagt dann, die Königin sei drohnenbrütig gew
Es war dies schon eine sehr wichtige Erfahrung, weil man ein
mit grosser Gewissheit wusste, dass sich die Königin niemals innerha
Stockes begattet, und man hier andererseits doch die Thatsache vo
hatte, dass eine solche nicht befruchtete Königin noch Eier legte,
welchen Larven, und aus diesen wieder Bienen hervorgingen.

Nun kam noch eine andere Beobachtung hinzu. Man hatte
Italien die sogenannte Goldbiene eingeführt, weil sie sehr fleissig ar
und friedfertiger ist, als unsere einheimische Biene. Da ist es nu
schehen, dass sich die Königinnen von solchen Goldbienen auf ihren
cursionen mit Drohnen von unseren einheimischen Bienen begattet h
Dadurch sind Bastarde entstanden. Aber nur die Weibchen truge
Zeichen davon, nur die Königinnen und die Arbeiterinnen, die Dr
waren nach wie vor reine Goldbienen. Wenn man nun dies mit der
fahrung zusammenhält, die man früher mit drohnenbrütigen Könige
gemacht hatte, so musste man es wahrscheinlich finden, dass sich
haupt bei den Bienen die Arbeiterinnen und die Königinnen, also die w
lichen Individuen, aus befruchteten Eiern entwickeln, dass sich aber
Drohnen aus unbefruchteten Eiern entwickeln.

Von Siebold untersuchte nun eine grosse Menge von Eiern, w
bereits in die Zellen gelegt waren, und er fand auf den Eiern, d
Drohnenzellen entnommen hatte, niemals ein Spermatozoid, dagegen k
er in der Mehrzahl der Fälle auf den Eiern, die aus den Königinnen
Arbeiterzellen genommen waren, Spermatozoiden nachweisen. Es lag
klar zu Tage, dass die Weibchen sich aus befruchteten, die Männ
aus unbefruchteten Eiern entwickeln.

Hiemit war auch ein anderes Factum aufgeklärt, die That
dass sich in einer Drohnenzelle immer nur ein Männchen und in
andern Zellen immer nur Weibchen entwickeln. Man hatte sich gef
wie macht es die Königin, dass sie die Eier in ihrem Leibe un
scheidet und in die eine Art von Zellen Drohneneier, in die and
Weibcheneier legt. Dies geschieht aber nicht, sondern sie legt die
Eier in alle Zellen, aber den einen gibt sie Samen aus ihrer Sa
tasche mit, den anderen nicht. Wann sie dies zu thun hat und w
nicht, erfährt sie aus den Dimensionen der Zelle, die sie mittelst
Hinterleibes ermisst.

Später hat man die Parthenogenesis auch bei mehreren Schmetterl
beobachtet, bei Liparis dispar hat sie Weyenbergh bis zur dr
Generation verfolgt, und hier entstanden Männchen und Weibchen
zwar in ziemlich gleicher Menge.

Wir sehen also, dass man gar keinen Halt mehr hat, im Gr
und Ganzen einen Unterschied zwischen einem Keimkörper und e
Eie in der Weise zu machen, dass man sagt, das Ei kann sich
entwickeln, wenn es befruchtet wird, der Keimkörper entwickelt
unbefruchtet. Denn wir sehen hier, dass sich Eier sowohl befruch

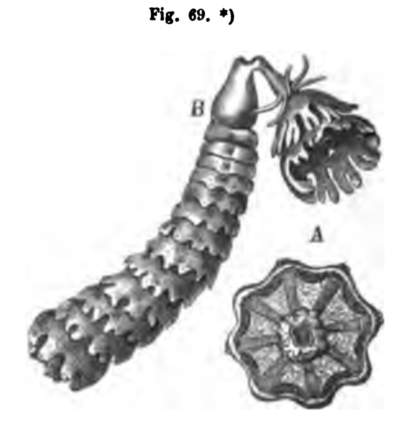
als nichtbefruchtet entwickeln, ja dass aus den befruchteten Eiern Männchen und Weibchen, und ebenso aus den unbefruchteten Männchen und Weibchen hervorgehen.

Generationswechsel.

Ehe wir näher auf die Natur der Eier eingehen, muss ich noch bemerken, dass keineswegs jedes Thier oder jede Species auf eine Art der Fortpflanzung angewiesen ist. Bei ein und derselben Art können verschiedene Arten der Fortpflanzung vorkommen.

Durch die Untersuchungen von Sars und Steenstrup ist dies zunächst für die Medusen sichergestellt worden. In der Ostsee kommt eine Meduse in sehr grosser Menge vor, die den Namen Aurelia aurita führt. Aus den Eiern derselben geht ein kleiner bewimperter Embryo hervor, der im Wasser herumschwimmt. Dieser nimmt dann Birnform an und setzt sich mit einem Ende fest. Jetzt wächst er aus zu einem kleinen Polypen, er nimmt eine Vasenform an, oben bilden sich Höcker aus, und er wächst nun, indem er höher und höher wird. Dann fängt diese kleine Vase an, Einkerbungen zu bekommen, sich der Quere nach zu theilen. An den Rändern dieser so theilweise von einander gesonderten Scheiben bilden sich Hervorragungen, die Theilung greift tiefer und das Ganze besteht nun aus Scheiben, die miteinander durch einen Stiel in Verbindung stehen. Endlich atrophirt dieser Stiel, die Scheiben fallen auseinander und schwimmen selbstständig als Medusen im Meere herum. Fig. 69 zeigt einen älteren Zapfen, von dem schon mehrere Medusen abgefallen sind, ferner in B einen Zapfen in Theilung und in A eine frei gewordene Meduse.

Fig. 69. *)



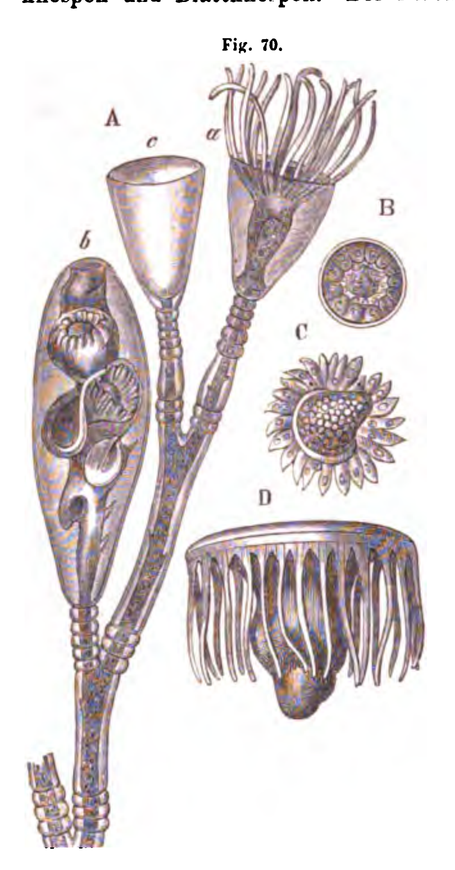
Auch durch Sprossung auf den Seiten der festsitzenden Larven bilden sich Medusen. Ferner gibt es Polypenformen, bei welchen das Geschäft der Ernährung und der Fortpflanzung zwischen den Individuen getheilt ist. Fig. 70 zeigt einen Ast von Campanularia gelatinosa, *a* ist der Ernährungspolyp, *b* eine sogenannte Brutkapsel, in der Knospen sprossen, die sich zu Medusen entwickeln, *c* ein leerer Becher, *B* und *C* sind successive Entwickelungsstadien und *D* ist die frei gewordene Meduse. Diese Medusen werden wieder geschlechtsreif, aus ihren Eiern geht später wieder ein Embryo hervor, der sich wieder festsetzt, aus dem Embryo geht wieder ein Polypenstock hervor u. s. w.

Dies ist die merkwürdige Erscheinung, welche mit dem Namen des Generationswechsels belegt worden ist.

*) Fig. 69 und 70 aus Prof. Schmarda's Zoologie.

Man muss sagen, dass sie uns nur bei den Thieren merkwürdig und fremdartig erscheint: denn bei den Pflanzen haben wir sie alle Tage vor uns. Wir legen ein Samenkorn in die Erde, und daraus geht ein Strauch oder ein Baum hervor, und an dessen Aesten gibt es Blüthenknospen und Blattknospen. Die Blattknospen entsprechen den Polypenglocken, welche dem Stamme die Nahrung zuführen, und die Blüthenknospen den Brutkapseln des Polypenstockes, denen die Fortpflanzung anheimgegeben ist. In ihnen entwickelt sich ein Gebilde, welches Sie der Meduse vergleichen können, die vom Polypen abstammt, die Blüthe. Diese setzt eine Frucht an, und bringt Samenkörner, Eier, zur Reife, aus denen wieder der Baum entsteht. Sie haben also hier wieder Fortpflanzung durch Knospung und geschlechtliche Fortpflanzung neben einander. Der ganze Unterschied besteht darin, dass beim Polypenstocke die Blüthe abfällt, noch ehe sie zur Frucht gereift ist, und dass sie dann frei im Meere herumschwimmt und sich weiter entwickelt. Das hängt mit dem Unterschiede zwischen Thier- und Pflanzenleben zusammen. Die Blüthe der Pflanze kann nicht zur Reife kommen ohne den Stamm, aus dem sie ihre Nahrung nimmt, die Blüthe des Polypenstockes fällt ab, schwimmt frei herum und kann die Nahrung selbst suchen und aufnehmen und so das Material sammeln, um in sich Frucht anzusetzen.

Fig. 70.



Aehnliche Erscheinungen unter anderer Form kommen bei den Würmern vor, und sie sind uns am bekanntesten bei den Eingeweidewürmern. Aus dem Gliede eines Bandwurmes, aus den befruchteten Eiern, die sich darin befinden, geht ein Embryo hervor, der sich zu einem Blasenwurm entwickelt. Dieser pflanzt sich durch Knospung fort, bis das Thier, in dem er lebt, von einem andern gefressen wird. Dann wandeln sich die Knospen des Blasenwurmes in diesem andern Thiere durch eine andere Art von Knospung in einen Bandwurm um. In den einzelnen Gliedern desselben entstehen nun wieder Eier, der Bandwurm legt sich zusammen, so dass sich zwei Glieder mit einander begatten, die Eier werden befruchtet, aus ihnen geht wieder ein Embryo hervor, und so beginnt der Kreislauf von Neuem.

So kennen wir jetzt die Erscheinungen des Generationswechsels bei einer Reihe von niederen Thieren, die theils nicht parasitisch, theils ganz parasitisch leben, theils einen Theil ihres Lebens ausserhalb, den andern innerhalb eines Wohnthieres zubringen.

Wenn wir das ganze Gebiet überblicken, so müssen wir sagen, dass der Schlüssel zu allen diesen Erscheinungen in dem Lehrsatze liegt, dass unter Umständen auch Larven, auch unentwickelte Thiere, sich fortpflanzen können. Darin, dass die alten Zoologen diesen Satz nicht anerkannten, ist es begründet, dass ihnen von vorneherein alle diese Erscheinungen so fremdartig, so unbegreiflich waren. Dass aus einem Ei ein Thier hervorgehen kann, das dem Mutterthiere völlig unähnlich ist, wusste man seit Jahrhunderten. So lange man die Metamorphose der Insecten kannte, wusste man, dass aus den Eiern Thierchen hervorgehen können, die erst Umwandlungen durchmachen müssen, ehe sie dem Mutterthiere ähnlich werden. Aber man glaubte, dass sie sich niemals fortpflanzen, ehe sie diese Metamorphose durchgemacht haben. Jetzt sehen wir aber den Generationswechsel eben darin beruhen, dass sich Larven, unentwickelte Thiere, auf verschiedene Weise fortpflanzen, dass dann die Abkömmlinge erst Metamorphosen durchmachen und sich dann wiederum auf eine andere Weise fortpflanzen.

Dieser Satz, dass unter Umständen auch Larven sich fortpflanzen können, hat in neuerer Zeit eine bedeutende Erweiterung erlitten. Er muss heutzutage in gewissem Sinne sogar auf die Wirbelthiere ausgedehnt werden. Man brachte aus Mexico eine Reihe von Axoloteln (Siredon pisciformis) nach Paris, die dort im Jardin des plantes gehegt wurden. Dieselben pflanzten sich fort und die Kinder schwammen, wie die Eltern, im Wasser herum. Dann aber nach einigen Generationen verloren einzelne Thiere, deren Grosseltern noch im Wasser herumschwammen, ihre äusseren Kiemen und ihre Flossen, formten sich in die Gestalt eines Landsalamanders um, verliessen das Wasser und lebten von jetzt an im Moose, das man ihnen am Rande des Wassers hinlegte.

Wenn man diese Metamorphose mit der des Landsalamanders vergleicht, so kann man sie nicht als eine regressive betrachten, man muss vielmehr das im Wasser lebende Axolotl, das sich geschlechtlich fortpflanzte, mit der Larve des Salamanders vergleichen.

Die Eier und der Eierstock.

Wir kommen nun dazu, die Eier, den Eierstock und die Entwicklung der Eier näher zu betrachten. Das Ei besteht aus drei wesentlichen Stücken, aus der Dotterhaut, aus dem Dotter und aus dem Keimbläschen, der Vesicula germinativa Purkinjii. Die Dotterhaut kann sehr verschieden beschaffen sein, sie kann sehr dünn und zart, andererseits sehr stark sein. Der Dotter besteht aus eiweissartigen Substanzen, in welchen eine grössere oder geringere Menge von stark lichtbrechenden Körnchen eingelagert ist, so dass er dadurch mehr oder weniger undurchsichtig ist. Das Keimbläschen ist ein anscheinend bläschenartig gebildeter Körper, der im Innern des Dotters liegt und so lange leicht und gut zu unterscheiden ist, als eben der Dotter eine geringere Menge von körnigen Elementen enthält. Später aber, wo der Dotter undurchsichtig

geworden ist, muss erst die Dotterhaut zersprengt werden, damit das Keimbläschen aus dem Dotter heraustritt und beobachtet werden kann. In dem Keimbläschen hat man noch wiederum einen Körper, den Wagner-schen Keimfleck, die Macula germinativa Wagneri unterschieden. Diese ist aber nicht beständig vorhanden und kommt manchmal einfach, manchmal mehrfach vor. Beim Säugethiere ist die Dotterhaut verhältnissmässig dick, so dass, wenn wir das ganze Ei unter das Mikroskop bringen, die Querschnittsansicht der Dotterhaut, welche das Mikroskop gibt, sich als eine lichte, durchsichtige Zone von dem darinliegenden, durch die stark lichtbrechenden Körner dunklen Dotter absetzt. Deshalb hat die Dotterhaut der Säugethiere und des Menschen den etwas seltsamen Namen Zona pellucida erhalten. In ihr liegt also im fertig entwickelten Ei der stark mit Körnern durchsetzte Dotter und darin das Keimbläschen.

Das Ei der Säugethiere und des Menschen ist kugelrund, und das des letzteren hat im Zustande der Reife, das heisst zu der Zeit, wo es im Begriffe ist vom Eierstocke abzufallen, eine Zehntel- bis eine Achtellinie im Durchmesser.

Ich muss vorweg bemerken, dass das Ei der Säugethiere zu denjenigen Eiern gehört, bei welchen sich die Entwicklung von den ersten Anfängen an über die ganze Dottermasse erstreckt, so dass der ganze Dotter zum Aufbau des Embryo und der Eihäute verwendet wird. Es gibt aber Thiere, bei denen dies nicht der Fall ist, bei denen ausser diesem sogenannten Bildungsdotter noch ein anderer Dotter, der Nahrungsdotter vorkommt, ein Dotter, der nicht direct zum Aufbau des Embryo verwendet wird, sondern der dem bereits bis zu einem gewissen Grade entwickelten Embryo zur Nahrung dient. Dieser Nahrungsdotter kommt in grösster Ausdehnung bei den Vögeln und den beschuppten Amphibien, ausserdem aber auch bei den Fischen vor, bei den einen in grösserer, bei den andern in geringerer Entwicklung.

Da wir nun vielfach die Entwicklung des Hühnchens als Paradigma benützen werden, so muss ich hier auf den Bau des Vogeleies, das mit einem solchen Nahrungsdotter versehen ist, näher eingehen. Das Vogelei in seinen ersten Anfängen besteht aus dem Dotter, der Anfangs nur Bildungsdotter ist, und aus dem darinliegenden Keimbläschen. Nun wächst es weiter, und es sammeln sich unter dem Bildungsdotter kugelige Elemente an, die sich polyëdrisch gegen einander abplatten, und die ganz durchsetzt sind mit sehr zahlreichen Fettkörnchen, Fetttropfen. Diese Fetttropfen sind das Dotterfett, das Dotteröl, das namentlich aus den Eiern der Schildkröten in Südamerika und auf den Inseln der Südsee vielfach gewonnen wird. Diese Elemente scheinen nicht vom Bildungsdotter und damit nicht von der eigentlichen Eizelle abzustammen, sondern von den denselben zunächst umgebenden Gewebselementen; sie vermehren sich und dadurch erlangt dieser Nahrungsdotter endlich eine so grosse Ausdehnung, dass er bei Weitem die Hauptmasse des ganzen Eies ausmacht, und der Bildungsdotter zusammengeschoben ist an einer Stelle, in einer Scheibe, die sich durch ihre lichtere Farbe von dem gelben Nahrungsdotter auszeichnet. Diese lichte Schicht ist nichts Anderes als das, was wir im gewöhnlichen Leben mit dem Namen des Keimes oder des Hahnentrittes bezeichnen. Wenn wir ein Ei aufschlagen, so kommt diese Scheibe immer an die Oberfläche. Es müssen also die ver-

schiedenen Theile des Dotters ein verschiedenes specifisches Gewicht haben, es muss der Theil, welcher der Keimscheibe gegenüber ist, specifisch schwerer sein, als der Theil, an dem die Keimscheibe liegt. Das leitet nun Purkinje davon ab, dass sich von der Keimscheibe nach abwärts eine Region verfolgen lässt, welche die Gestalt einer dünnhalsigen Flasche mit nach abwärts gerichtetem Corpus hat, und in welcher diejenigen Elemente des Nahrungsdotters liegen, welche noch am wenigsten, zum grossen Theile gar nicht, mit Fettkörnchen durchsetzt sind. Es befindet sich also in dem Theile, der der Keimscheibe gegenüber liegt, eine grössere Menge von solchen fettarmen Elementen, die specifisch schwerer sind, als der fettreiche Dotter, und die deswegen dem Dotter, wenn er schwimmt, eine solche Lage geben, dass die Keimscheibe nach oben zu liegen kommt.

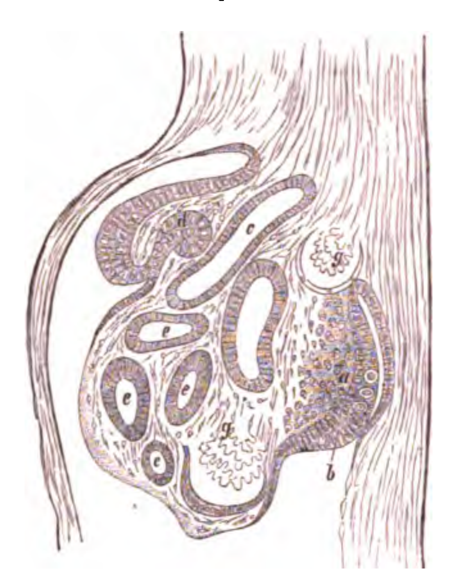
Wenn der Nahrungsdotter vollständig entwickelt ist, reisst sich das Ei vom Eierstocke los, und nun wird es, indem es durch den Eileiter hindurchgeht, mit Schichten von Eiweiss umgeben. In diesen Schichten bilden sich durch theilweise Gerinnung häutige Ausscheidungen, vermöge welcher das Eiweiss einen gewissen Zusammenhang bekommt, und, indem das Ei sich fortwährend im Eileiter dreht, wird die vor und hinter demselben liegende Eiweissmasse zu Schnüren aufgedreht. Diese ziehen sich nachher zurück in die übrige Eiweissmasse, und sie sind es, welche man später im Eiweiss an den beiden Enden des Dotters als Chalazen oder Hagelschnüre findet. Jetzt umgibt sich das ganze Ei sammt dem Eiweiss mit einer Faserhaut, welche man als die Schalenhaut des Hühnereies, Membrana testae, bezeichnet, und auf derselben lagern sich später die Kalksalze ab, die die feste Kalkschale bilden. Bei denjenigen Thieren, die häutige Eier legen, ist der Process ebenso, nur dass zuletzt die Auflagerung der Kalksalze ausbleibt.

Wenn wir nun zu den Eiern der Säugethiere und des Menschen zurückkehren und ihre Lagerung im Eierstocke untersuchen, so finden wir, dass dieser aus einem bindegewebigen Stroma besteht, in das bei einigen Thieren in grösserer, bei den andern in geringerer Menge Zellen eingestreut sind. Ausserdem finden sich aber darin grössere und kleinere Hohlräume, welche von einer bindegewebigen Kapsel und einem Gefässnetze umgeben sind. In diesen Hohlgebilden befindet sich ein Ei, bisweilen deren zwei, drei, sie sind das, was wir mit dem Namen der Graaf'schen Follikel bezeichnen. So lange die Graaf'schen Follikel noch klein sind, so dass das Ei einen verhältnissmässig grossen Bruchtheil ihres Binnenraumes ausfüllt, sind sie im Uebrigen mit Zellen ausgefüllt, in welche das Ei eingebettet ist. Wenn aber später der Graaf'sche Follikel grösser wird, ist er mit Flüssigkeit gefüllt, und die Zellen bilden nur eine Auskleidung. An der Stelle aber, wo das Ei liegt, befindet sich eine Anhäufung jener Zellen, welche das Ei umgibt, und in welche das Ei eingebettet ist. Die Auskleidung von Zellen, dieses innere Epithel des Graaf'schen Follikels, nennen wir Membrana granulosa, die verdickte, scheibenförmige Stelle, in welche das Ei eingebettet ist, Discus oophorus.

Auf welche Weise sind nun die Eier im Eierstocke entstanden? Darüber haben wir erst durch die Untersuchungen von Pflüger Klarheit bekommen. Pflüger fand, dass der Eierstock der Säugethiere und

des Menschen in derselben Weise, wie der Eierstock der Insecten von Hause aus sich wie eine tubulöse Drüse oder richtiger, wie ein System von tubulösen Drüsen entwickelt. Er fand, dass die Eier sich aus einzelnen Zellen entwickeln, welche von dem Epithel dieser tubulösen Drüsen abstammen, dass sich aber dann die Drüsenschläuche in Stücke abschnüren, die die einzelnen Eier umgeben und enthalten, und dass diese abgeschnürten Stücke nun die Graaf'schen Follikel sind. Waldeyer hat die Entwicklung noch weiter nach rückwärts verfolgt.

Fig. 71.



a Eierstockhügel.
b Epithel desselben.
c Ausführungsgang des Wolf'schen Körpers.
e Durchschnittene Canäle des Wolf'schen Körpers.
g Glomeruli desselben.

Es liegt im Embryo zu beiden Seiten der Wirbelsäule ein Organ, das wir später näher kennen lernen werden, und das man mit dem Namen des Wolf'schen Körpers bezeichnet. Es ist das eine Primordialniere, eine Niere für den Embryo, die ihm dient, ehe er seine bleibende Niere hat. An, auf und zum Theil auf Kosten dieses Organs entwickelt sich die Geschlechtsdrüse, sowohl beim Manne als beim Weibe. Beistehende Zeichnung zeigt nach Waldeyer das Epithel, welches den Wolf'schen Körper überzieht, und welches sich hier an einer bestimmten Stelle, dem Eierstockhügel *a*, verdickt. Nun fängt es an, Fortsätze in die Tiefe, in den Eierstockhügel zu treiben, oder, richtiger gesagt, das darunter liegende bindegewebige Stroma wächst, und bestimmte Stellen wachsen nicht mit, so dass sie dadurch mit dem Epithel, das darüber liegt, in die Tiefe zurücktreten, und auf diese Weise entstehen Gruben, aus denen bei weiterer Vertiefung Schläuche werden, welche von dem Epithel ausgekleidet sind. Schon frühzeitig zeigen sich in diesem Epithel einzelne Zellen, die grösser als die andern sind, und diese entwickeln sich jetzt so, dass sie sich von dem Mutterboden loslösen und von den andern umgeben werden. Diese grösseren Zellen sind die Eier und aus den andern Zellen wird das Epithel des Graaf'schen Follikels, das heisst es werden daraus die Zellen der Membrana granulosa und des Discus oophorus.

Der weitere Vorgang besteht nun darin, dass sich einzelne Stücke dieser Schläuche, in deren jedem sich ein Ei befindet, abschnüren, und auf diese Weise die Graaf'schen Follikel angelegt werden. In Fig. 72 sieht man die Anlage eines Graaf'schen Follikels, der sich eben abgeschnürt hat. Endlich, wie gesagt, wird eine grosse Menge Flüssigkeit abgesondert, so dass sich im Inneren ein mit Flüssigkeit gefüllter Hohl-

raum bildet und die Zellen ringsum an der Wand des Graaf'schen Follikels liegen. An einer Seite bleibt eine verdickte Scheibe, der Discus oophorus, in dem das Ei liegt. Kölliker weicht von Waldeyer darin ab, dass er die Zellen der Membrana granulosa und des Discus oophorus aus Schläuchen des Wolff-schen Körpers ableitet, welche nach ihm in den sich bildenden Eierstock hineinwuchern und den Abschnürungs-Process der Graaf'schen Follikeln vermitteln sollen.

Fig. 72.

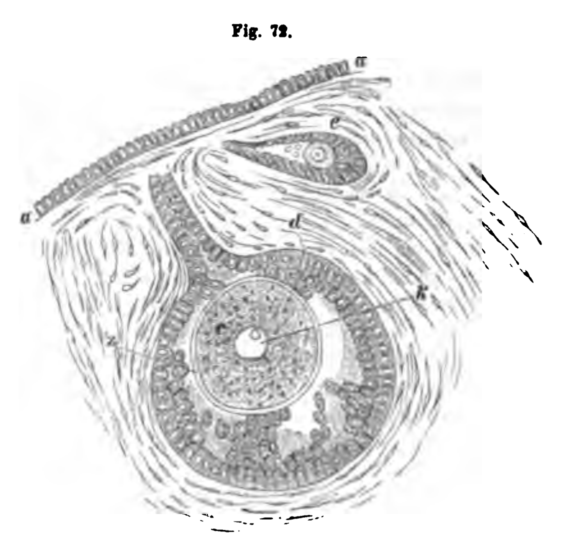


Fig. 72 zeigt *aa* das Epithel des Eierstockes, bei *e* einen ganz jungen eben abgeschnürten Graaf'schen Follikel mit dem darin liegenden Ei; bei *d* einen weiter entwickelten, darin das Ei mit der Zona pellucida *z*, dem Dotter und dem Keimbläschen *k*.

Die Eier haben in ihrem ersten Jugendzustande noch keine Zona pellucida, sondern sind nackte amöbenartige Zellen, und nach Pflüger vermehren sie sich in diesem Stadium noch durch Theilung. Erst wenn diese Vermehrung durch Theilung aufgehört hat, umgeben sich die einzelnen Zellen mit einer Membran, die sich zur Zona pellucida ausbildet. So ist das Ei encystirt und es bildet sich der Graaf'sche Follikel, der in der erwähnten Weise durch Abschnürung entstanden ist, weiter aus.

In ganz analoger Weise geht auch die erste Entwicklung bei den Vögeln und beschuppten Amphibien vor sich, nur mit dem Unterschiede, dass hier, wenn das Ei so weit fertig gebildet ist, dass es eine Dotterhaut bekommen soll, sich zu dem Bildungsdotter noch ein Nahrungsdotter hinzubildet, ferner mit dem Unterschiede, dass kein mit einem Hohlraume versehener Graaf'scher Follikel existirt, sondern das Ei dauernd und bis zu seiner Reife eng umschlossen bleibt. Damit, mit der Grösse der Eier und mit der relativ geringen Masse des Eierstockstromas hängt es zusammen, dass bei den Eierlegern die Eier am Eierstock hängen, wie die Beeren an einer Traube.

Ablösung der Eier.

Wenn das Ei befruchtet werden soll, so muss es sich vom Eierstock loslösen, und dies geschieht auf folgende Weise: Wenn ein Graaf-scher Follikel an die Oberfläche gelangt ist, bekommt er immer mehr Flüssigkeit, so dass er anfängt über die Oberfläche des Eierstocks hervorzuragen. Mit der grösseren Menge der Flüssigkeit, die sich in ihm ansammelt, tritt auch eine grössere Spannung, ein grösserer Druck ein. Dieser Druck hindert die Circulation des Blutes in den Gefässen des

Graaf'schen Follikels. Diese und mit ihnen das Gewebe werden atrophisch und zerreisslich, und in Folge davon tritt früher oder später eine Zerreissung des Graaf'schen Follikels an der Oberfläche ein, so dass das Ei nun durch den Druck der Flüssigkeit ausgestossen wird. Es nimmt dabei immer eine grössere oder geringere Menge von Zellen des Discus oophorus mit.

Früher glaubte man, dass bei diesem Abfallen des Eies vom Eierstock jedesmal das Peritonaeum zerreisse. Man schrieb eben dem Eierstocke einen peritonaealen Ueberzug zu; Koster hat aber nachgewiesen, dass das Peritonaeum nicht über denjenigen Theil der Oberfläche des Eierstocks, an welchem sich die Eier ablösen, hinweggeht, ja dass sich hier nicht einmal das Epithel des Peritonaeums fortsetzt, sondern dass der Eierstock mit einem Cylinderepithel bekleidet ist, entsprechend dem cylindrischen Baue des ursprünglichen Keimepithels, aus welchem sich die Auskleidung des Graaf'schen Follikels und das Ei entwickelt haben. Erst in der Zeit der Involution des Weibes, um das fünfzigste Jahr herum und später, bekommt der Eierstock einen fibrösen Ueberzug, und damit hört dann auch das Herausfallen der Eier aus den Graaf'schen Follikeln auf. Bei den Vögeln ist der ganze Process ein ähnlicher, nur mit dem Unterschiede, dass dort die grössere Spannung nicht durch Flüssigkeit hervorgebracht wird, welche sich im Graaf'schen Follikel ansammelt, sondern durch das Wachsthum des Nahrungsdotters. Dadurch werden die Blutgefässe zusammengedrückt, die Haut des Graaf'schen Follikels mürbe und zerreisslich, und das Ei fällt ab.

Es fragt sich nun: Wann und unter welchen Umständen fallen überhaupt Eier ab? Man wusste schon längst, dass die Hühner lange Zeit fortfahren Eier zu legen, auch wenn sie nicht mit einem Hahne in Berührung gekommen sind, dass also bei diesen Thieren sicher das Abfallen der Eier vom Eierstock vom Coitus unabhängig sei. Nichtsdestoweniger hielt man in Rücksicht auf die Säugethiere und den Menschen hartnäckig die Vorstellung fest, dass die Eier in Folge des Coitus abfallen. Man stellte sich vor, es entstehe dabei eine plötzliche Congestion zu den Geschlechtsorganen und damit auch zum Eierstocke, und diese bewirke die Zerreissung der schon im Vorhinein geschwellten Graaf'schen Follikel. Die Untersuchungen von Coste, von Negrier, von Raciborski, von Bischoff und von Courty haben aber vollständig sichergestellt, dass sich die Sache nicht so verhalte, sondern dass bei den Säugethieren und beim Menschen die Eier sich periodisch vom Eierstocke ablösen, ehe noch ein Coitus stattgefunden und unabhängig davon, ob überhaupt einer stattfindet. Bei den Säugethieren ist die Zeit, zu welcher die Eier abfallen, die Zeit der Brunst. Man hat das Abfallen der Eier constatirt, indem man Hündinnen, so wie die ersten Zeichen der Brunst eintraten, absperrte, sie hernach tödtete und die Eier im Eileiter und Uterus aufsuchte. Man hat auch Gelegenheit gefunden, die Eier beim Menschen nachzuweisen. Man hat bei Mädchen, bei denen das Hymen erhalten war, und die eines plötzlichen Todes kurze Zeit nach der Menstruation gestorben waren, Eier theils in der Tuba, theils im Uterus nachweisen können. So ist es auch für die Menschen ausser Zweifel gestellt, dass das Abfallen der Eier nicht mit dem Coitus zusammenhängt, sondern wie bei den Thieren periodisch erfolgt. Es erfolgt hier zur Zeit der Menstruation

Menstruation.

Das Eintreten der Menstruation fällt bekanntlich mit der Zeit, in welcher die Mädchen fruchtbar werden, zusammen. Die Menstruation leitet sich ein dadurch, dass etwas Schleim aus dem Os uteri und aus der Scheide ausfliesst. Der Schleim wird röthlich, und es tritt dann eine immer grössere Menge von Blut aus. Das dauert einige Tage, bei manchen Frauen bis 8 Tage, dann wird der Ausfluss wieder geringer und hört endlich ganz auf. Die Menge des Blutes, welche dabei ausgesondert wird, ist verschieden, sie wird angegeben auf 200 Gramm, sie steigt aber nach Longet auch auf 300, ja auf 500 Gramm, also ein Zollpfund. Das Menstrualblut ist an und für sich von dem gewöhnlichen Blute nicht verschieden. Aber es ist ihm immer eine grössere oder geringere Menge von Schleim beigemischt, und deshalb kann es häufig als Menstrualblut erkannt werden. Es ist dies in gerichtlichen Fällen von Bedeutung, weil bei Haussuchungen nach blutbefleckten Kleidern, wenn sich irgend ein blutbefleckter Leinwandlappen findet, manchmal ein Frauenzimmer der Familie auftritt und sagt: Das Blut ist von mir, ich habe diesen Leinwandlappen während der Menstruation benützt. Menstrualblut zeichnet sich, je mehr es mit Uterus- und Vaginalschleim gemischt ist, um so mehr dadurch aus, dass es die Wäsche viel mehr hart macht als Blut, das aus einer Wunde geflossen ist, während letzteres auch in geringer Menge tiefer gefärbte und schärfer begrenzte Flecken ohne farblos infiltrirten Rand macht. Der Experte kann also durch Befühlen des Leinwandstückes und Untersuchen der Farbe und der Ränder der Flecken oft die Angabe des Frauenzimmers bestätigen; er kann sagen, es sei Menstrualblut und nicht Blut, das aus einer Wunde geflossen ist. Dagegen ist die umgekehrte Aussage aus der Untersuchung mit blossem Auge nicht zu rechtfertigen und hat selbst nach der mikroskopischen und chemischen Untersuchung ihr Bedenkliches, da bei profuser Menstruation das Blut so reichlich und so rein fliessen kann, dass ihm keine in Betracht kommenden Mengen von Schleim und von Epithelialzellen beigemischt sind und es von solchem, das aus einer Wunde geflossen ist, nicht unterschieden werden kann.

Vor etwa dreissig Jahren und länger stritt man schon darüber, ob das Menstrualblut austrete, wie man sich damals ausdrückte, per rexin oder per diapedesin, ob dabei die Capillaren zerreissen, oder ob das Blut durch die Wandungen der Capillaren hindurchschwitze. Da es sich zeigte, dass im Menstrualblute die Blutkörperchen enthalten sind wie im andern Blute, so erhielt die Ansicht die entschiedene Oberhand, dass das Menstrualblut durch Rexis, durch Zerreissung von Capillaren, ausgeschieden werden müsse. Heutzutage kann man aber das Vorkommen von Blutkörperchen im Menstrualblute nicht mehr als entscheidend hiefür ansehen; denn Stricker hat nachgewiesen, dass nicht nur farblose Blutkörperchen, sondern auch rothe unter Umständen durch die Wandungen der Capillargefässe hindurchtreten können, und diese besonderen Umstände können sehr wohl auch im menstruirten Uterus vorhanden sein. Man hat bei Inversio uteri den Process der Menstruation direct an der inneren Uterusoberfläche beobachtet, und es wird beschrieben, es träte das Blut in

kleinen Pünktchen hervor, gleichsam wie der Schweiss aus de
hervortritt.

Die Zeit, zu welcher die Menstruation eintritt und aufh
verschieden. Die Zeit ist im Allgemeinen früher in warmen L
Nach Longet ist das Alter, in dem die Menstruation eintritt, in Wa
im Mittel $16^3/_4$ Jahre, in Paris $14^3/_4$ Jahre, in Marseille noch ni
Es muss übrigens bemerkt werden, dass dies nicht allein vom K
als solchem abhängt, nicht allein vom Einflusse der Temperatur.
auch in nordischen Gegenden werden Frauenzimmer, die einer sü
Race angehören, früher menstruirt und entwickelt, als die Töchte
Landes. Es ist diese Beobachtung vielfach an Zigeunermädchen ge
worden, die sich in nördlichen Ländern aufhielten. Manche halten
den Einfluss der Race für das Wesentliche, den des Klimas für
untergeordnet, wenn nicht bedeutungslos.

Die Periode selbst tritt bei sonst gesunden Frauen meist mit
licher Regelmässigkeit im Verlaufe eines Mondsmonats, also nach
Wochen ein. Man hat aus einer grösseren Anzahl das Mittel gen
und dabei eine etwas kleinere Zahl gefunden. Aber das ist eige
kein Gegenstand für das Nehmen einer Mittelzahl in der Weise,
man die Angaben von einer Reihe von Frauen addirt und dann
die Anzahl der Angaben dividirt. Wenn man sagen will, welche Pe
die normale ist, so muss man nicht das Mittel aus den Perioden
Reihe von Frauen nehmen, sondern man muss die Periode von e
Reihe von Frauenzimmern verzeichnen und diejenige Periode a
normale betrachten, die bei der grössten Anzahl der Frauen vork
Das ist offenbar die regelmässige Periode eines Mondsmonats. Das A
hören der Periode und damit der Beginn der Involution ist nicht g
an ein bestimmtes Lebensalter geknüpft. Manchmal beginnt es sch
den Vierzigern, manchmal tritt es erst in den Fünfzigern auf.

Die äusserlich sichtbare Menstruation ist keine nothwendige
dingung für das Abfallen eines Eies. Es kommt gar nicht selten
dass Frauen, bei welchen die Menstruation während des Säugens au
setzt hat, wieder geschwängert werden, so dass sie zwischen der e
und zweiten Schwangerschaft kein einziges Mal menstruirt worden
Es wird ferner auch angegeben, dass Mädchen geschwängert worden
noch ehe eine äusserlich sichtbare Menstruation bei ihnen eingetr
und es wird ferner angeführt, dass Frauen noch geschwängert wo
seien zu einer Zeit, wo die äusserlich sichtbare Menstruation be
ausgesetzt hatte. Es ist begreiflich, dass der Congestivzustand im U
keinen solchen Grad erreichen mag, dass Blut ausgeschieden wird,
dass nichtsdestoweniger ein Graaf'scher Follikel platzt, und sich ei
ablöst, so dass auf diese Weise eine Schwangerschaft ohne vorhergeh
äusserlich sichtbare Menstruation eintritt.

Corpus luteum.

Was geschieht nun im Eierstocke, nachdem sich das Ei von d
selben abgelöst hat? Nachdem hier die Gefässe vorher durch den D
der Flüssigkeit im Graaf'schen Follikel comprimirt waren, werden sie

plötzlich dieses Druckes entlastet, es ist zugleich eine Zerreissung des Gewebes eingetreten, und beide Ursachen bewirken eine Congestion, welche zu einer Art von Entzündungsprocess wird. Es häuft sich an der inneren Oberfläche des zerrissenen Graaf'schen Follikels und in der Wand selbst eine grosse Menge von Zellen an, die sich theilweise zu Gewebe organisiren, von der Oberfläche aus tritt eine reichliche Vascularisation ein, und auf diese Weise bildet sich eine compacte Masse, die wir der gelben Farbe wegen, die sie später annimmt, mit dem Namen des Corpus luteum bezeichnen. Die gelbliche Farbe rührt von Haematoidin her, welches sich häufig in beträchtlicher Menge in diese Corpora lutea eingelagert findet. Das Haematoidin der Corpora lutea war das Material, an welchem Holm nachgewiesen hat, dass das Haematoidin nicht, wie man eine Zeitlang glaubte, identisch sei mit dem orangegelben oder orangerothen Gallenfarbstoffe, dem Cholepyrrhin oder Bilirubin. Man muss indessen zwei Arten von Corpora lutea unterscheiden: die einen, welche sich vorfinden, wenn keine Schwangerschaft eingetreten ist, und die andern, welche sich vorfinden, wenn Schwangerschaft eingetreten ist. Die ersteren sind viel kleiner und haben eine viel kürzere Lebensdauer: sie verschwinden nach verhältnissmässig kurzer Zeit, und das Ganze zieht sich wieder in das Gewebe des Eierstocks zurück. Nach ein bis zwei Monaten ist keine Spur davon zu finden. Wenn dagegen eine Schwangerschaft eintritt, dann wächst auch das Corpus luteum sehr gross aus, seine Masse kann so gross oder grösser werden, als die des ganzen Eierstocks und noch gegen das Ende der Schwangerschaft können sich die Reste eines solchen Corpus luteum vorfinden. So lautet wenigstens die gangbare Lehre. Das Corpus luteum, dessen Reste man in Leichen schwangerer oder während der Geburt verstorbener Weiber findet, ist nach der gewöhnlichen Annahme, welche die Ablösung der Eier während der Schwangerschaft gänzlich aufhören lässt, stets noch das Corpus luteum, welches dem Graaf'schen Follikel angehört, dessen Ei im Uterus zur Entwicklung kam. Diesem widerspricht jedoch Meyerhofer. Nach ihm lösen sich auch während der Schwangerschaft Eier ab. Er stützt sich darauf, dass bei Tubarschwangerschaften nahezu in der Hälfte der Fälle das Corpus luteum nicht auf derselben Seite mit der Frucht, sondern auf der entgegengesetzten gefunden sei, ja dass dies selbst in Fällen vorgekommen, in denen wegen anomaler Bildung des Uterus kein Ueberwandern durch die Höhle desselben stattfinden konnte. Es blieb nach der gangbaren Lehre in solchen Fällen nichts Anderes übrig, als anzunehmen, dass das Ei in die Bauchhöhle gefallen und von dort aus in die andere Tuba gelangt sei. Auch im Eierstocke der Vögel bildet sich, wenn das Ei abgefallen ist, ein Corpus luteum. Aber wegen der andern Gestalt des Eierstocks, der eben keine compacte Masse bildet, wie der Eierstock des Menschen, sondern an dem die Eier frei aufgehängt sind, kann hier keine Kuppel entstehen, die über eine Fläche hervorragt, wie dies beim Corpus luteum der Säugethiere der Fall ist. Das Corpus luteum ist hier ein gelapptes Gebilde, das neben den übrigen noch am Eierstock sitzenden Eiern an demselben hängt.

Uebergang des Eies in die Tuba.

Das Ei selbst wird, wenn es vom Eierstocke abfällt, normaler Weise von der Tuba aufgenommen. Auf welche Weise dies geschieht, ist nicht mit Sicherheit bekannt. Offenbar kann die Tuba in jenem Momente, wo sie das Ei aufnimmt, nicht die Lage haben, in der wir sie in der Leiche vorfinden, denn diese wäre dazu durchaus ungeeignet. Sie muss sich aufrichten, so dass sie in innigere Verbindung mit dem Eierstocke tritt. Nur eine Fimbria, die sogenannte Fimbria ovarica, reicht bis an den Eierstock heran, und ihr Epithel geht sogar bisweilen unmittelbar in das Epithel des Eierstocks über, bisweilen schiebt sich aber noch anderes Epithel dazwischen ein. Aber auf welche Weise richten sich die übrigen Fimbrien in der Weise auf, dass sie einen Trichter bilden, in welchen das Ei hineinfällt? Darüber gibt es zwei Vorstellungen. Nach der ersten richtet sich die Tuba durch Gefässcongestion, durch eine Art Erection auf, nach der zweiten wird die Tuba durch die Contraction ihrer Muskelfasern, und durch diejenigen in der Ala vespertilionis an den Eierstock in passender Weise herangebracht. Man hat aus dem Verlaufe dieser Muskelfasern ableiten wollen, dass, wenn sie sich zusammenziehen, die Tuba gerade so aufgerichtet wird, dass das Ei hineinfällt: aber bei ihrem höchst complicirten Verlaufe würde man auch manches Andere haben ableiten können, als eben dasjenige, was man ableiten wollte.

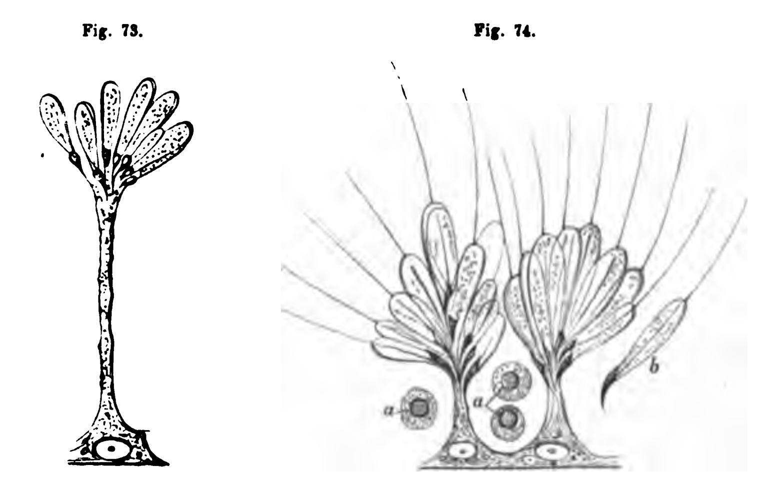
Der Same.

Wenn das Ei in die Tuba gelangt ist, so wird es von da gegen den Uterus fortgeschoben, und auf diesem Wege oder im Uterus selbst wird es befruchtet. Die Befruchtung wird durch die Spermatozoiden ausgeführt, kleine Gebilde, die vermöge eines sogenannten Schwanzes, einer grossen Wimper, welche sich lebhaft in der Flüssigkeit bewegt, in derselben fortgetrieben werden. Die Spermatozoiden haben bei verschiedenen Thieren eine sehr verschiedene Gestalt. Die des Menschen bestehen aus einem birnförmigen Körper, an dessen dickerem Ende das Schwänzchen angesetzt ist. Man hat in diesem birnförmigen Körper noch wieder besondere Gebilde, einen Kern, ja sogar einen Saugnapf entdecken wollen: aber selbst mit den stärksten Vergrösserungen lässt sich an dem Körper der menschlichen Spermatozoiden keine feinere Organisation unterscheiden. Es gibt aber allerdings Spermatozoiden, welche offenbar einen complicirteren Bau haben, als er an denen des Menschen sichtbar ist. Dies sind z. B. die Spermatozoiden des Salamanders, welche einen länglichen Körper haben, vorn an demselben ein stachelartiges Gebilde mit einer Art Widerhacken und hinten einen sehr langen Schweif, über welchem man eine Wellenlinie sich bei den Bewegungen des Spermatozoids fortwährend bewegen sieht. Diese Wellenlinie hat verschiedene Deutungen erfahren, bis Czermak entschieden nachgewiesen, dass auf dem Schwänzchen dieses Spermatozoids sich eine Art von Flosse befindet, ein platter Saum, der, wie die Rückenflosse eines Fisches, in Wellenform flottirt, und dadurch diese wellenförmige Linie hervorruft.

Um die Spermatozoiden in ihrer Entwicklung zu verfolgen, müssen wir zu den Samencanälchen des Hodens zurückgehen. Diese münden be-

kanntlich in das sogenannte Rete vasculosum Halleri, aus diesem gehen die Vasculi efferentes hervor. Diese bilden die Coni vasculosi des Nebenhodens und aus diesen setzt sich wieder der Canal des Nebenhodens zusammen, der nach zahlreichen Windungen in das Vas deferens übergeht. Die Bildungsstätte der Spermatozoiden sind die Samencanälchen selbst. Die Spermatozoiden müssen also, ehe sie zum Vas deferens und den Samenblasen hin gelangen können, den vorher beschriebenen Weg zurücklegen. Die Samencanälchen haben eine bindegewebige Membran, die, wie die Untersuchungen von Ludwig gezeigt haben, unmittelbar von Lymphe umspült ist, so dass man die interstitiellen Gewebsräume um die Hodencanälchen herum direct von den Lymphgefässen des Hodens aus injiciren kann. Ausserdem werden sie von zahlreichen Blutcapillaren umsponnen, und in ihrem Innern sind sie mit einem Epithel ausgekleidet, in dem man nach den Untersuchungen von v. Ebner und von Neumann zwei Arten von Zellen unterscheiden muss. Die einen sind mit einer sogenannten Fussplatte, in der auch zugleich der Kern liegt, auf der Membrana propria des Samencanälchens befestigt. Sie haben einen in axipetaler Richtung schlank aufstrebenden Zellenleib, der sich im Laufe der Entwicklung an seinem oberen Ende in eine Reihe von Lappen theilt, die nun einzeln fortwachsen. So entstehen palmenartige Gebilde, wie sie Fig. 73 und Fig. 74 von der Ratte nach Zeichnungen von Neumann zeigen. Zwischen denselben liegt die zweite Art von Zellen,

Fig. 73. Fig. 74.



sphäroidische Zellen, Fig. 74 *aa*, welche in eine weiche Masse eingebettet die ganzen Zwischenräume zwischen den ersteren ausfüllen. In den oben erwähnten Lappen nun bilden sich die Spermatozoiden. Zuerst sieht man den Körper wie in Fig. 73, dann auch den Schweif, wie in Fig. 74. Ein weiteres Entwicklungsstadium zeigt Fig. 75 und endlich Fig. 76, das fertige von der Mutterzelle abgefallene Spermatozoid.

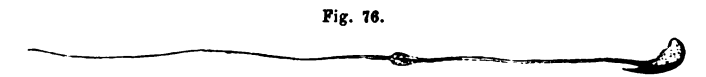
Die ausgebildeten und freigewordenen Spermatozoiden rücken in den Samencanälchen fort bis sie in die Ductuli efferentes kommen. In diesen ändert sich das Epithel, es wird hier in ein Flimmerepithel umge-

wandelt. Nun werden die Spermatozoiden von den Flimmern erfasst, deren Bewegung, wie schon der Entdecker dieses Flimmerepithels, Otto Becker, wusste, von dem Hoden gegen das Vas deferens hin gerichtet ist. Durch die Flimmerbewegung werden sie also in den Coni vasculosi fortgetrieben bis in den Canal des Nebenhodens hin. Am Anfange des Canals des Nebenhodens und sicher bis zur Mitte hin befindet sich ein Flimmerepithel, das noch viel grösser ist als das in den Coni vasculosi und in den Ductuli efferentes. Das in den Coni vasculosi und den Ductuli efferentes ist dem ähnlich, das sich auf der Respirationsschleimhaut und in der Nase befindet, dieses aber besteht aus viel höheren Zellen, deren Kern im unteren Drittheil liegt und die Cilien haben, welche nicht einfach wie Gerten auf- und abwärts schwingen, sondern sehr lang sind und wellenförmige Bewegungen machen. Von diesem Flimmerepithel werden die Spermatozoiden weiter fortgetrieben. Wie weit dasselbe beim Menschen reicht, ist nicht mit Sicherheit bekannt, bei Säugethieren hat es Becker schon bis in das Vas deferens verfolgt.

Fig. 75.



Fig. 76.



Auf diese Weise gelangen die Spermatozoiden in das Vas deferens und in die Samenblasen hinein und können, nachdem sie in den weiblichen Organismus hineingebracht sind und freie Bewegung in der Flüssigkeit bekommen haben, die Befruchtung vornehmen.

Die Befruchtung.

Es fragt sich nun: Auf welche Weise geschieht denn die Befruchtung? Ursprünglich hatte man die Idee, dass ein flüchtiger Körper von dem Samen ausgehe, die sogenannte Aura seminalis, und dass dieser die Eier befruchte. Diese Ansicht war aber schon durch Versuche von Spallanzani erschüttert, indem dieser Befruchtung mit sehr verdünntem Samen vornahm, aber es immer nothwendig fand, den Samen in unmittelbare Berührung mit den Eiern zu bringen. Später haben Prévost und Dumas Versuche über diesen Gegenstand angestellt und gezeigt, dass nicht nur kein flüchtiger Körper vom Samen ausgeht, der befruchten kann, sondern dass auch die Samenflüssigkeit nicht im Stande ist zu befruchten, dass es die Spermatozoiden sind, welche zu dem Ei gelangen müssen. Sie filtrirten mit Wasser verdünnten Froschsamen und fanden, dass derselbe schlechter befruchte als nicht filtrirter, und je öfter sie ihn filtrirten, um so mehr nahm sein Befruchtungsvermögen ab, begreiflicherweise, weil zwar einige Spermatozoiden immer durch das Filter

hindurchschlüpften, aber beim wiederholten Filtriren immer ein neuer Theil derselben auf dem Filtrum zurückblieb.

Die Beweglichkeit der Spermatozoiden ist nothwendig zur Befruchtung. Man hat keine Befruchtung erzielt durch Spermatozoiden, welche dieselbe bereits verloren hatten. Andererseits scheinen aber nicht alle Spermatozoiden, die noch beweglich sind, im Stande zu sein, zu befruchten. Schenk hat Samen frieren lassen, hat ihn dann wieder aufgethaut und die Spermatozoiden durch eine Temperatur von 30°—40° wieder zur Bewegung gebracht; es ist aber nicht gelungen mit diesem Samen noch Befruchtung zu bewirken.

Wie geht nun die Befruchtung vor sich? Worin besteht der Act der Befruchtung? Eine lange Zeit hatte man die Spermatozoiden immer nur an der Oberfläche des Eies gesehen. Ein englischer Beobachter, Barry, gab freilich schon vor mehr als 30 Jahren an, er habe im Innern eines Kaninchenei's ein Spermatozoid gesehen, aber es hat ihm Niemand geglaubt: er hatte sich in einem andern Punkte getäuscht, und deshalb hat man dieser Angabe keine weitere Aufmerksamkeit geschenkt. Dann gab Newport an, er habe Spermatozoiden in die Eier der Frösche eindringen sehen, und Keber gab an, dass er Spermatozoiden in die Eier von Muscheln eindringen sah und zwar durch eine eigene trichterförmige Oeffnung, die er mit dem Namen der Micropyle belegte. Zugleich gab er auch an, er habe sie im Innern des Kanincheneies gesehen. Diesem trat Bischoff entgegen und wies nach, dass das, was Keber vor sich gehabt hatte, kein wahres Kaninchenei gewesen sei, und er bezweifelte deshalb damals auch die Angaben von Keber über die Mollusken. In einer späteren Abhandlung hat er aber diese Angabe von Keber bestätigt und auch in ein wahres Kaninchenei die Spermatozoiden verfolgen können. Seitdem ist bei einer grossen Anzahl von Thieren verschiedener Ordnungen und Gattungen das Eindringen der Spermatozoiden verfolgt worden, und man hat heutzutage keinen Zweifel mehr darüber, dass dies für die Befruchtung unerlässlich sei.

Wie kommen nun die Spermatozoiden in das Säugethierei hinein und durch die dicke und verhältnissmässig harte Zona pellucida hindurch? Man sieht auf der Zona pellucida bei starker Vergrösserung eine radiale Streifung, und Pflüger gibt an, dass die Zellen des Discus oophorus gelegentlich in diese Streifen, die nach ihm von Poren herrühren, hineinwachsen, die ganze Zona pellucida durchwachsen und dann an der inneren Seite in einen Knopf anschwellen, so dass sie wie ein vernieteter Nagel in der Zona pellucida stecken. Hienach wird es wahrscheinlich, dass die Zona pellucida des Menschen und der Säugethiere nicht eine, sondern eine grosse Anzahl von Micropylen habe, durch welche eben die Spermatozoiden in das Innere des Eies einwandern können.

Wo treffen nun Spermatozoiden und Eier miteinander zusammen? Gewiss treffen sie häufig erst im Uterus miteinander zusammen, nämlich immer dann, wenn bis zur nächsten Begattung die Eier Zeit gehabt haben ihren Weg durch die Tuben zurückzulegen und im Uterus anzulangen. Sie scheinen aber auch schon in der Tuba mit dem Samen zusammen zu treffen. Dies muss man schliessen aus den Tubarschwangerschaften, denjenigen Schwangerschaften, bei welchen das Ei sich nicht im Uterus, sondern in der Tuba entwickelt, wenn man nicht annehmen

will, dass das Ei erst in den Uterus gelangt und dann in die
zurückgekehrt, oder von der anderen Seite her durch den Uterus
durchgewandert ist.

Kann die Befruchtung auch im Eierstocke vor sich gehen, so
Spermatozoiden in das Ei eindringen, welches sich noch im Graaf-
Follikel befindet? Ich kann mich nicht entschliessen wirkliche Ova-
schwangerschaften anzunehmen, denn ich begreife nicht, wie die S
matozoiden durch die Wandungen des Graaf'schen Follikels in dens
eindringen und zum Ei gelangen sollten. Es müssten zwingende
sachen vorhanden sein, und diese sind nicht vorhanden. Wenigsten
mir kein zwingender Fall zu Gesichte gekommen. Bei dem Verlöth
processe, der immer oder doch meistens bei einer Tubarschwanger
in der Weise eintritt, dass die Tuba mit dem Eierstocke verklebt,
einigt wird, kann es sehr leicht geschehen, dass es so aussieht, a
das Ei sich im Eierstocke entwickelt hätte. In der That erwies sich
Ovarialschwangerschaft, die mir als solche gezeigt wurde, bei nä
Untersuchung als eine Tubarschwangerschaft, bei der sich der Eier
mit der hypertrophirten und stark vascularisirten Tuba verlöthet h

Es kann aber auch die Befruchtung ganz am Eingange der
stattfinden, und es kann dann geschehen, dass das Ei hinterher
nicht fortwährend in der Tuba entwickelt, sondern in die Bauchh
hinaustritt und sich dort weiter entwickelt. Das sind die sogenan
Bauchhöhlenschwangerschaften. Vielleicht können solche Bauchhöh
schwangerschaften auch so zu Stande kommen, dass das Ei gleich an
in die Bauchhöhle fällt und dort von Spermatozoiden befruchtet w
die durch die Tuba in die Bauchhöhle ausgeschwärmt sind.

Der Furchungs- oder Zerklüftungsprocess des Dotters.

Was weiter aus dem Spermatozoid im Ei wird, ist nicht bekan
Man weiss nur, dass im Ei, ehe die eigentliche Entwicklung begin
eine Reihe von vorbereitenden Veränderungen stattfinden. Diese b
ginnen damit, dass der Dotter des Eies sich in zwei Massen zusamm
ballt. Er zieht sich dabei etwas von der Zona pellucida zurück.
Keimbläschen verschwindet, und statt der einen sphärischen Masse e
scheinen nun zwei Halbkugeln, und in jeder derselben liegt wieder
ein heller Fleck in ähnlicher Weise, wie früher das Keimbläschen
Dotter lag. Darauf fangen diese Halbkugeln an sich von der Oberfl
in einer Furche einzuschnüren, und jede dieser beiden Halbkugeln th
sich wieder in zwei Stücke, so dass nun der ganze Dotter in vier Stü
getheilt ist. Diese Kugelquartanten, die wie die Abtheilungen e
Orange neben einander liegen, theilen sich dann der Quere nach,
dass jetzt acht Kugeloctanten entstehen, und diese theilen sich in ä
licher Weise dadurch, dass sich die Masse um neue Centra zusamm
zieht, fort und fort in immer kleinere und kleinere Stücke, in den
jedem wieder ein heller Fleck zum Vorschein kommt. Wenn end
die Theilung immer weiter und weiter fortgeschritten ist, so ist d
Endproduct dieses Furchungs- oder Zerklüftungsprocesses eine Masse v
Keimzellen; die letzten Theilungs-Producte, die entstehen, gleichen

Wesentlichen, in ihren Dimensionen und ihren Eigenschaften, nackten Zellen, in welchen der helle Fleck, der sich in der Mitte befindet, den Kern darstellt.

Die Furchung bezieht sich überall nur auf den Bildungsdotter, der Nahrungsdotter ist dabei vollkommen unbetheiligt. Deshalb erstreckt sich bei denjenigen Thieren, die nur einen Bildungsdotter haben, der Furchungsprocess über das ganze Ei. Bei denjenigen aber, die einen Bildungsdotter und einen Nahrungsdotter haben, erstreckt sich die Furchung nur über den Theil des Eies, welchen der Bildungsdotter ausmacht.

Durch die Furchung sind die Bausteine für den Aufbau des Embryo geliefert. Sie gruppiren sich zunächst im Säugethiere so, dass sie sich gegen die Peripherie zurückziehen, so dass sich eine Höhle bildet, dass sie einen Theil des Eies mit einer einfachen Schichte auskleiden und an einem andern Theile desselben angehäuft sind. Die ganze Summe dieser Zellen bezeichnet man jetzt mit dem Namen der Keimhaut, und den Theil, wo sie angehäuft sind, nennt man den Embryonalfleck.

Die Bausteine für den Embryo haben aber vor anderen Bausteinen den Vorzug, dass sie sich durch Theilung vermehren. Zunächst entwickelt sich eine zweite Schicht von Zellen; die Keimhaut besteht von da an also aus zwei Lagen, aus zwei Blättern, die man mit dem Namen des äusseren Blattes und des inneren Blattes der Keimhaut bezeichnet, und von denen jedes theils selbstständig, theils mit dem anderen vereinigt durch weitere Vermehrung der Zellen fortwächst.

Da der Embryo zunächst aus dem Embryonalfleck oder Keimhügel hervorgeht, so ist hiemit ein Gegensatz gegeben, zwischen einem Theile des Eies, in welchem sich der Embryo entwickelt, und einem andern Theile des Eies, welcher dieser Entwicklung gegenüber eine secundäre Rolle spielt. Dieser Gegensatz existirt aber nicht bei allen Eiern in gleicher Weise. Bei den Eiern der meisten wirbellosen Thiere existirt ein solcher Gegensatz überhaupt nicht, sondern, nachdem der Furchungsprocess zu Ende ist, fangen die Zellen, die sich bei der Furchung gebildet haben, an, zu proliferiren, sich zur Gestalt des zukünftigen Embryo zu verschieben, u. s. w., es wird gewissermassen aus der zusammenhängenden Masse der neue Embryo geformt. Dies sind diejenigen Thiere, von denen man sagt, dass kein Gegensatz zwischen Embryo und Dotter existire. Bei den Gliederthieren existirt dieser Gegensatz und zwar so, dass der Embryo sich, wie bei den Wirbelthieren, an einer bestimmten Stelle entwickelt, aber nicht, wie bei diesen, mit der Bauchseite auf dem Dotter liegt, sondern umgekehrt mit der Rückseite, oder, wenn man sich das Ei umgekehrt vorstellen will, so, dass der Embryo den Dotter auf dem Rücken trägt. Bei den Cephalopoden finden wir, dass der Embryo den Dotter auf dem Kopfe trägt, oder wenn Sie sich das Ei umgekehrt denken, auf dem Kopfe stehend auf dem Dotter ruht. Endlich bei den Wirbelthieren sehen wir den Embryo ausnahmslos bäuchlings auf dem Dotter ruhen.

Unter den Wirbelthieren selbst nun muss man wieder zwei grosse Abtheilungen unterscheiden: diejenigen, die Amnion und Allantoïs, die wir bald näher kennen lernen werden, entwickeln, das sind die Säugethiere, die Vögel und die beschuppten Amphibien, und diejenigen, die kein Amnion und keine Allantoïs haben, das sind die nackten Amphi-

bien und die Fische. Die Thiere der ersten Abtheilung zerfallen dann wiederum in zwei grosse Abtheilungen, wovon die eine von den Vögeln und beschuppten Amphibien gebildet wird, bei denen ein mächtiger Nahrungsdotter vorhanden ist, welcher erst später von dem Embryo resorbirt wird. Die zweite dieser Abtheilungen bilden die Säugethiere, die keinen Nahrungsdotter haben, weil sie eben das Material für ihre weitere Ernährung und ihr Wachsthum während der Entwicklung dem mütterlichen Organismus entnehmen.

Ehe wir zur Entwicklung des Embryo übergehen, muss ich bemerken, dass der Furchungsprocess nicht nothwendig von der Befruchtung abhängt. Die Untersuchungen, welche von Bischoff, von Hensen, von Oellacher an Wirbelthieren verschiedener Abtheilungen gemacht sind, haben gezeigt, dass der Furchungsprocess, wenn auch nicht mit der vollen Regelmässigkeit, auch vor sich geht an unbefruchteten Eiern, dass er aber nicht vollständig abläuft, dass er nicht zu dem Endresultate, nicht zur Bildung der Keimhäute führt. Oellacher hat versucht, wie das schon früher Prévost und Dumas gethan hatten, unbefruchtete Eier zu bebrüten, und er hat gefunden, dass die entstandenen Furchungskugeln proliferiren, dass sich neue Zellen am Rande entwickeln in ähnlicher Weise, wie dies bei befruchteten Hühnereiern geschieht, dass aber diese Zellen sich nicht mit der gewohnten Regelmässigkeit anordnen, und dass im Centrum des Keimes bald eine regressive Metamorphose beginnt, die bei weiterer Bebrütung das Uebergewicht über die progressive erhält, die am Rande vor sich geht, so dass die Bebrütung keine weiteren Resultate hat. Es wird dieser Vorgang von Oellacher als parthenogenetischer Vorgang aufgefasst, so dass die Eier von den Insecten, bei denen Parthenogenesis vorkommt, sich dadurch von den Eiern der Wirbelthiere unterscheiden würden, dass die unbefruchteten Eier den ganzen Entwicklungsprocess durchmachen können, während bei den nichtbefruchteten Wirbelthiereiern nur die ersten vorbereitenden Stadien durchlaufen werden, und dann der weitere Entwicklungsprocess, wenn ich mich so ausdrücken darf, verunglückt.

Waldeyer hat ferner darauf hingewiesen, dass wahrscheinlich die sogenannten Dermoidcysten im Eierstocke aufgefasst werden müssten als parthenogenetische Producte, dass sie wahrscheinlich daraus hervorgegangen seien, dass sich ein Ei entwickelt habe, wenn auch nicht in der normalen Weise, doch zu Gewebstheilen von ähnlicher Art, wie sie im normalen Organismus vorkommen.

Die Keimblätter.

Der erste Schritt zur Weiterentwicklung war der, dass die Keimhaut durch Proliferation ihrer Zellen eine zweite Schicht bildete, und somit zwei Blätter der Keimhaut, ein äusseres und ein inneres Keimblatt, gebildet wurden. Diese Trennung setzt sich bis zu einer gewissen Grenze in den Keimhügel hinein fort. Dann verliert der Embryonalfleck seine ganz runde Gestalt, er wird ein wenig elliptisch und zugleich zeigt sich in der Längsaxe der Ellipse eine Furche. Diese Furche ist die sogenannte primitive Rinne. Ich will hier gleich vorwegnehmen, dass aus

dieser primitiven Rinne später bei den meisten Wirbelthieren der Canalis centralis medullae spinalis und dessen Fortsetzung in das Gehirn, also der vierte Ventrikel und der Aquaeductus Sylvii wird. Zu beiden Seiten dieses Centralcanals liegen ein paar Schichten, die sich später erheben, um sich schliesslich über der primitiven Rinne zu schliessen, dieselbe zu überdachen. Dies sind die sogenannten Uranlagen des Centralnervensystems. Diese bilden sich also aus der oberflächlichen Schichte und gehören ihrer Lage nach dem äusseren Blatte der Keimhaut an. Ehe ich aber die weitere Verwendung des letzteren bespreche, muss ich darauf aufmerksam machen, dass in Rücksicht auf die Art und Weise, wie sich der Keim verhält, und wie sich das Material desselben in dem zukünftigen Embryo vertheilt, im Laufe der Zeiten sehr verschiedene Theorien geherrscht haben. Die bis zum Ende der dreissiger Jahre und Anfangs der vierziger Jahre herrschende Theorie von Pander und v. Baer nahm an, dass sich aus dem äusseren Blatte der Keimhaut der sogenannte animale Leib des Embryo bilde, also Oberhaut, Muskeln, Knochen, Nervensystem, dass sich aber aus dem inneren Blatte der Keimhaut der sogenannte vegetative Leib bilde, die Eingeweide, und dass sich dann ein drittes Blatt zwischen beiden entwickle, das Gefässblatt, aus dem die Blutgefässe hervorgehen sollten.

Diese Theorie wurde zuerst von Reichert angegriffen, der sagte: Aus der äussersten Zellenschichte, aus v. Baer's äusserem Keimblatte oder serösem Blatte bildet sich überhaupt nichts, das ist eine Umhüllungshaut, die zu Grunde geht. Dagegen entsteht aus den Anlagen zu beiden Seiten der primitiven Rinne das Centralnervensystem, unmittelbar darunter entsteht die Chorda dorsalis, um welche herum sich hinterher die Wirbel entwickeln, und aus dem Baer'schen Schleimblatte oder innerem Keimblatte entwickelt sich wiederum nichts Anderes als das Epithelium des Darmcanals. Alles Uebrige entwickelt sich aus einem neuen Gebilde, das zwischen beiden liegt, das aber nicht v. Baer's Gefässblatt ist, sondern das Reichert mit dem Namen der Membrana intermedia bezeichnet.

Diese Auffassung der Dinge basirt auf der richtigen Grundanschauung, dass die peripherischen Schichten, sowohl die oberflächlichste als die tiefste, als die ältesten sich an und für sich weniger verändern, dass aus ihnen verhältnissmässig nicht viel mehr wird, sondern dass der grösste Theil des Embryo aus der in steter Proliferation begriffenen Zellenmasse entsteht, die zwischen ihnen liegt. Aus dieser baut sich die Membrana intermedia Reichert's auf und aus dieser fast der ganze Leib des Embryo.

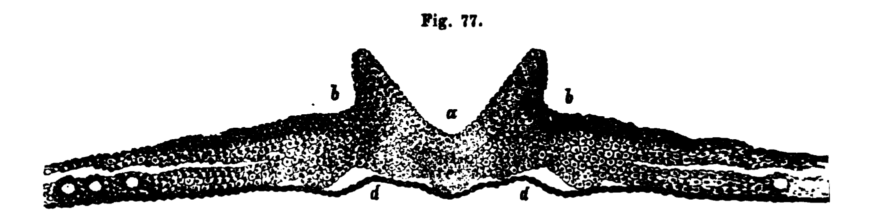
In Rücksicht auf die Bildung des Keimes sind in neuerer Zeit noch wesentliche neue Beobachtungen hinzugekommen. Beim Hühnchen hebt sich der Keim von der Unterlage etwas ab, so dass hier eine sogenannte Keimhöhle entsteht. In dieser befinden sich eigene zellige Elemente, die sich nach den Beobachtungen von Stricker und Peremeschko gegen den Rand hin verschieben und sich mit anderen Elementen, welche durch Proliferation der Zellen am Rande des Keimes erzeugt werden, zwischen die beiden Blätter der Keimhaut hineinbegeben und hier eine Zwischenschicht bilden, aus welcher sich ein sehr grosser Theil des Embryo entwickelt. Nach His soll der Keim nicht blos aus Elementen

des gefurchten Dotters bestehen, sondern es sollen Zellen des
furchten sich direct am Aufbaue des Embryo betheiligen.

Ich erwähne indess diese Angaben hier nur kurz, weil die
Stadien im Säugethierei nicht hinreichend beobachtet sind, und
gaben, die vom Hühnerei entnommen sind, nicht in derselben W
den Menschen übertragen werden können, wie die, welche na
achtungen an Säugethieren gemacht sind. Ich musste sie aber
erwähnen, weil wir genöthigt sind, vielfach das Hühnchen, dessen
wicklung der Beobachtung leicht zugänglich ist, als Paradigma
Wirbelthiere überhaupt zu benützen.

Zu der Zeit, wo diese eben besprochenen Veränderungen im
des Hühnereies stattfinden, fängt derselbe an seiner Peripherie zu
an und wächst immer weiter über den Nahrungsdotter hin, so das
schon äusserlich und mit blossem Auge seine Ausbreitung erkenn

Fig. 77.

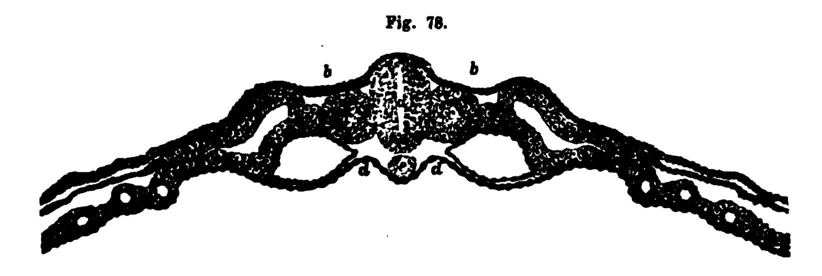


Dann bildet sich in der Mitte ein heller Fleck, die sogen
Area pellucida. In diesem hellen Flecke entwickelt sich der Em
entwickelt sich die primitive Rinne und theilen sich die verschied
Keimblätter von einander. Zu der Zeit, wo die primitive Rinne
merklich vertieft, wo sich ihre Ränder bereits wallförmig erhoben h
denken Sie sich einen Querschnitt durch den Embryo gemacht, so h
Sie beistehende Fig. 77 vor sich. Erstens das Centralnervensystem
hier schon in Hufeisenform erscheint, und die primitive Rinne *a*,
die seitliche Fortsetzung des äusseren Blattes der Keimhaut *b b*.
welcher hier die Epidermoidalgebilde hervorgehen. Unter dem Cen
nervensystem befindet sich die Chorda dorsalis *(e)* und zu aller unte
unter der Chorda dorsalis hinziehend, das innere Blatt der Keimhaut
aus welchem, wie schon Reichert angegeben hat, nur das Epith
des Darmcanals und der Drüsen desselben hervorgeht. Zwischen äus
und innerem Blatt liegt eine Zellenmasse *c c*, aus welcher zu be
Seiten der Chorda und des Centralnervensystems die Uranlage der W
hervorgeht. Weiter seitlich spaltet sich dieses mittlere Keimbl
eine äussere Platte, welche dem äusseren Keimblatte, dem sogenann
Hornblatte anliegt, und welche wir nach Remak mit dem Namen
Hautmuskelplatte bezeichnen, und in eine innere Platte, welche
inneren Keimblatte, dem Schleimblatte v. Baer's anliegt, und w
wir mit dem Namen der Darmfaserplatte bezeichnen. Das ist das e
Stadium, in welchem die Anlage der verschiedenen Theile deutlich
einander geschieden ist.

Wir gehen jetzt zu einem zweiten Stadium über, das Sie in Fi
dargestellt sehen. Hier ist das Centralnervensystem schon nach oben

schlossen und umgibt den jetzt noch spaltförmigen Canalis centralis medullae spinalis *(a)*. Zu beiden Seiten liegen zunächst die Massen, aus

Fig. 78.



welchen später die Wirbel hervorgehen, die Uranlage des Wirbelsystems *(c c)*. Seitlich von ihnen liegt jederseits ein Zellenhaufen, aus dem wir später den Ausführungsgang der Urniere des Embryo hervorgehen sehen. Darunter liegt schon die Anlage von zwei grossen Blutgefässen, den Aorten. Die Trennung zwischen Darmfaserplatte und Hautmuskelplatte hat sich bereits so vollständig vollzogen, dass zwischen beiden eine Höhle vorhanden ist. Diese Höhle ist die erste Anlage der Pleuroperitonealhöhle.

Eihäute und Placenta.

Ehe wir nun die Entwicklung des Embryo weiter verfolgen, gehen wir zu der Art und Weise über, wie er sich mit seinen Schutz- und Hülfsgebilden, den sogenannten Eihäuten umgibt. Denken Sie sich, dass der Embryo sich mit seinem Kopfe und auch mit den Partien zu beiden Seiten der Axe, aus denen sich später seine Flanken bilden, etwas nach abwärts krümme, so erhalten Sie eine Gestalt, die sich am leichtesten unter dem Bilde eines umgestürzten Kahnes vorstellen lässt, eines Kahnes, dessen Kiel nach oben und dessen offene Seite nach dem Dotter gewendet ist. Wenn Sie sich denken, der noch sehr kleine Embryo wachse und senke sich dabei in den Dotter ein, indem an seiner Peripherie das äussere Blatt der Keimhaut mit der Hautmuskelplatte so viel nachwächst, dass dadurch für das Wachsthum und die Ortsveränderung des Embryo der nöthige Spielraum geschaffen wird, so muss dadurch eine Falte entstehen, deren freier Rand oben eine der ursprünglichen Grösse des Embryo entsprechende Oeffnung umschliesst, den Embryo mantelartig überdeckt und an der Peripherie mit der Anlage für seine Flanke in directem Zusammenhange steht. Dieser Mantel ist das Amnion, und die obere Oeffnung ist der Ort des Amnionnabels. Man schildert den Vorgang gewöhnlich so, als ob das Amnion über den Embryo hinaufwachse, um sich über ihm zu schliessen. Das ist aber nur theilweise richtig, indem der Embryo namentlich an der Peripherie und an den Enden seinen Ort mehr verändert, als der freie Rand der Amnionfalte. Dieser schliesst sich nun immer enger zusammen, wobei nach den Beobachtungen von Schenk eine Zellenwucherung vom Hornblatte ausgeht, die endlich die Oeffnung vollständig verschliesst. Dann trennt sich in diesem Nabel das Amnion vollständig vom Reste des äusseren Blattes der Keimhaut, wobei es an

der bezüglichen Stelle wieder eine kleine Oeffnung bekommt, d
demnächst aber auch wieder schliesst. Das Amnion ist beim H
schon am 4. bis 5. Tage fertig. Hiemit hat also der Embryo e
Hülle bekommen. Ausserdem geht aber noch das äussere Blatt de
haut um das ganze Ei herum, denn Embryo und Amnion habe
im Amnionnabel von ihm abgeschnürt ohne eine Lücke zu lasse
Material, das sie verbraucht haben, ist durch Wachsthum ersetz
Bei den Säugethieren und den Menschen ist unterdessen die Do
die Zona pellucida, geschwunden. Das äussere Blatt der Keimh
jetzt die äusserste Bedeckung des Eies.

In Fig. 79, welche das Hühnchen nach v. Baer darstell
die Dotterhaut, *s* das äussere Blatt der Keimhaut, *m m* der fre
der Amnionfalte, welcher sich zum Amnionnabel zusammenzie
Fig. 80 (gleichfalls Hühnchen nach v. Baer) sieht man das Amn
bereits geschlossen und vom Rest des äusseren Keimblattes (*s s*, g

Bei Säugethieren und Menschen nun fängt das äussere Bl
Keimhaut an Fortsätze zu treiben, mittelst welcher sich das Ei
Uterusschleimhaut ein
wie mit Würzelchen be
Ich muss hier daran er
dass sich an der inneren
fläche des Uterus eine
Menge von Drüsen be
die sogenannten Ut
drüsen. Es sind dies sch
förmige, ästig verzweigt
sen, welche, da der U
kein eigenes Schleimha
webe hat, mit ihrem Körper bis tief in die Muskelsubstanz einge
sind. Der Uterus selbst ist, wie die Tuba mit einem Flimmerepith
gekleidet. Die Ausdehnung dieses Flimmerepithels wird von verschied
Beobachtern vers
den angegeben. E
haben es nur im F
dus uteri, man
sogar nur in
Strecke nachw
können, die im F
quer von der Münd
der einen Tuba
Mündung der an
herübergeht, A
haben es bis in
Cervix verfolgt
scheint nach
Untersuchungen
Chrobak das E
im Uterus einem viel grösseren Wechsel unterworfen zu sein, als das in and
Organen, und damit hängt es auch wohl zusammen, dass die Angaben
die Ausdehnung der Flimmerbewegung im Uterus so sehr verschieden

Fig. 79.

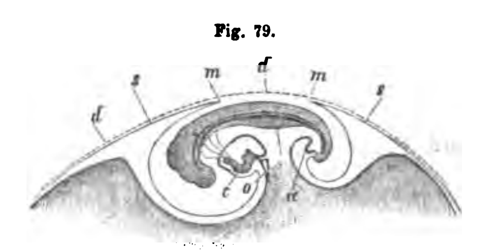
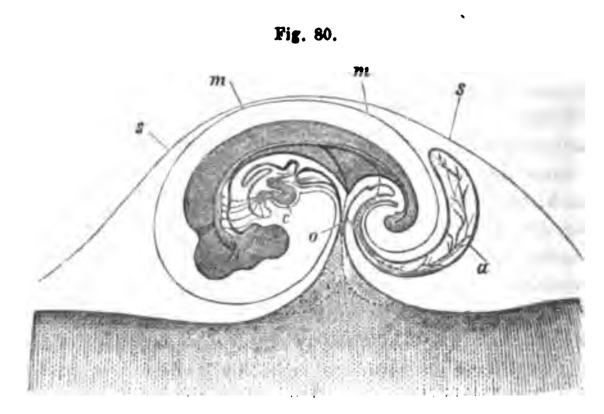


Fig. 80.



Das Epithel der Uterusschleimhaut setzt sich nun in die Utriculardrüsen fort. Man war früher der Meinung, dass es hier nicht flimmere. Nur in Rücksicht auf den Uterus des Schweines war schon 1852 von Dr. Nylander angegeben worden, dass hier auch das Epithel der Utriculardrüsen flimmere. In neuerer Zeit hat Friedländer angegeben, dass es beim Weibe und bei der Hündin flimmere, und G. Lott fand es nicht nur beim Schweine, sondern auch bei der Kuh, dem Schafe, dem Kaninchen, der Maus und der Fledermaus bis in den Grund dieser Drüsen hinab flimmernd, so dass man es jetzt als wahrscheinlich bezeichnen kann, dass allgemein die Utriculardrüsen bis in die Tiefe mit Flimmerepithel ausgekleidet sind.

Diese Glandulae utriculares sind es nun, welche zur Befestigung des Eies dienen. In diese wachsen die Zotten hinein, welche an der Oberfläche vom äusseren Blatte der Keimhaut aus getrieben werden. Um die Stelle herum, wo sich das Ei befestigt, wird die Drüsenschicht hyperämisch, sie schwillt an und umwallt das Ei. In die Drüsen dieses Walles wachsen immer neue Zotten hinein und so wird zuletzt das ganze Ei in die Uterusschleimhaut eingeschlossen. Es ist ringsum zottig und die Zotten sind sämmtlich wie Wurzeln in die Uterusschleimhaut eingetrieben. Dieses Stadium, in dem das Ei an seiner ganzen Oberfläche mit Zotten bedeckt ist, dauert beim Menschen vom 25. bis zum 30. Tage. Reichert, der Gelegenheit hatte, ein menschliches Ei vom 12. oder 13. Tage der Schwangerschaft zu untersuchen, fand dasselbe schon vollständig überwallt; es war linsenförmig abgeplattet und hatte an der der Uterushöhle zugewendeten Seite noch keine Zotten. Auch am äusseren, gegen die Wand gewendeten Pole waren erst die ersten Anfänge derselben sichtbar. Die längsten Zotten befanden sich an der Peripherie und an dem der Peripherie zunächst liegenden Theile der äusseren, der Uteruswand zugewendeten Fläche.

Die Zotten, welche blos vom äusseren Keimblatte ausgegangen sind, stellen mit diesem das sogenannte primäre oder gefässlose Chorion dar. Gefässe kommen erst von einem andern Gebilde, von der Allantoïs.

Es bildet sich vor dem hintern Ende des Darmes ein faltenartiger Wulst (Fig. 79 *a*), dessen Inneres mit der Darmhöhle in Verbindung tritt. Er ist zuerst nach hinten, etwas später nach abwärts gerichtet, wächst dann weiter aus und nimmt die Gestalt einer Blase an (Fig. 80 *a*) und diese ist die Allantoïs. Sie heisst auch der Harnsack, weil sie eine wahre Harnblase für den Embryo ist und das Secret der Wolf'schen Körper aufnimmt. Diese Allantoïs wächst an der ganzen inneren Oberfläche des äusseren Keimblattes entlang, und so bringt sie ihre Gefässe, die späteren Vasa umbilicalia, die von zwei Arterien gespeist werden, und aus denen anfangs zwei, später eine Vene das Blut abführen, zu allen Theilen des Chorion, welches sich entwickelt hat. Es atrophiren nun die gefässlosen Zotten, und statt derer bilden sich neue gefässhaltige Zotten, die die alten verdrängen. So entsteht das secundäre, das gefässreiche Chorion. Bei manchen Thieren, z. B. bei den Wiederkäuern, existirt während der ganzen Schwangerschaft die Allantoïs als eine Blase, ja sie gewinnt als solche eine sehr bedeutende Ausdehnung. Beim Menschen ist dies aber durchaus nicht der Fall. Sie ist hier nur vom 15. bis 25. Tage als Blase zu sehen, später verliert sie ihr Lumen, aber

sie dient noch als Träger der Gefässe, die auch hier dieselbe Function und Bedeutung haben. Da sie sich hierbei ganz dem Chorion anschliesst und mit demselben verwächst, so ist in dem, was der Geburtshelfer das Chorion nennt, der grösste Theil der Allantoïs mit enthalten. Ein anderer Theil, der sogenannte Stiel der Allantoïs liegt später im Nabelstrange, und nur das unterste Ende bleibt offen und wird zur Harnblase. Der Urachus ist das Verbindungsstück zwischen dem Theile der Allantoïs, der im Nabelstrange eingeschlossen ist, und dem Theile, der zur Harnblase wird.

Wir haben bei der Amnionbildung den Embryo sich abschnüren sehen von der Höhle, welche vom inneren Blatte der Keimhaut umgeben oder doch (bei den Eiern mit Nahrungsdotter) nach und nach umwachsen war. Der auf diese Weise entstehende Sack ist der Dottersack oder, wie er bei denjenigen Thieren, die, wie der Mensch, keinen Nahrungsdotter haben, heisst, die Nabelblase. Der Gang, durch den Dottersack oder Nabelblase längere oder kürzere Zeit mit der Darmhöhle in Verbindung stehen, die Lichtung des Stieles der Nabelblase, der wie der Stiel der Allantoïs in den Nabelstrang einbezogen wird, ist der Ductus omphalomeseraïcus seu omphaloëntericus. (Fig. 79 *o* und 80 *o*.) Beim Menschen hat die Nabelblase frühzeitig ihr ganzes Wachsthum durchlaufen. Am Ende des ersten Monates liegt sie schon an der Wand zwischen Amnion und Chorion, wo ihre Spur auch noch am Ende der Schwangerschaft zu finden ist. Das Amnion hat sich immer weiter ausgedehnt und die Nabelblase theils verdrängt, theils ihren Stiel in einen mehr und mehr verlängerten Nabelstrang eingeschnürt. Zwischen dem 35. und 40. Tage obliterirt der Ductus omphalomeseraïcus seu omphaloëntericus. Die Gefässe der Nabelblase sind die Vasa omphalomeseraïca seu omphaloënterica und zwar anfangs zwei Venen und zwei Arterien, von denen später eine Arterie und eine Vene schwindet, so dass eine Vena und eine Arteria omphalomeseraïca übrig bleibt.

Während bei den Säugethieren die Nabelblase ein so hinfälliges Gebilde ist, so existirt sie bei den Eierlegern mit Nahrungsdotter als Dottersack während der ganzen Zeit des Embryonallebens und überdauert dasselbe bei manchen Fischen geraume Zeit. Jetzt bei der weiten Ausbreitung der künstlichen Fischzucht hat wohl jeder schon die jungen Forellen und Lachse mit ihren Dottersäcken herumschwimmen sehen. Es entwickelt sich in ihr ein reiches Gefässsystem, zu dem die Arteria omphalomeseraïca das Blut hinführt und aus dem die Vena omphalomeseraïca das Blut abführt. Von der Wand aus bilden sich gefässreiche Zotten in den Nahrungsdotter hinein, und nun entwickelt sich ein Resorptionsprocess, vermöge dessen der ganze Dotter nach und nach aufgesaugt wird. Die Art und Weise, wie dies geschieht, ist bis jetzt noch räthselhaft. Man weiss nur, dass die grösste Masse des Dotterfettes zunächst in die Leber übergeht. Man findet zu einer gewissen Zeit die Leber des Hühner-Embryos ganz gelb vom resorbirten Dotterfett, welches dann später wieder verbraucht wird. Die Nabelblase oder der Dottersack bildet also bei den Eierlegern das Ernährungsorgan, und die Allantoïs, die sich an der innern Oberfläche des Eies unter der Membrana testae ausbreitet, bildet das Respirationsorgan, indem ihre Blutgefässe die atmosphärische Luft aufnehmen, welche durch die Schale

des Eies diffundirt wird. Schwann hat schon am Ende der dreissiger Jahre dieses Jahrhunderts nachgewiesen, dass das Hühnchen im Ei, dass der Embryo schon in verhältnissmässig früher Zeit athmet. Demgemäss bleibt die Entwicklung frühzeitig stehen, wenn man das Ei in irrespirable Gase hineinbringt oder ihm auf irgend eine Art den Zutritt der atmosphärischen Luft abschneidet. So findet also bei den Eierlegern mit Nahrungsdotter die Ernährung statt durch die Nabelblase, die Respiration durch die Allantoïs.

Wie verhält es sich nun in dieser Beziehung mit dem Ei der Säugethiere? Bei diesem ist Ernährungsorgan und Respirationsorgan in ein Gebilde vereinigt. Es liegen beide Functionen erst dem gefässreichen Chorion, später der Placenta ob.

Wir haben gesehen, dass das Ei vollständig überwallt wird und also eine Zeit lang in der Wand des Uterus eingeschlossen ist: später wächst es aber, dadurch tritt an der Oberfläche eine Spannung ein, die Circulation wird erschwert, und dadurch werden die Zotten gegen die Oberfläche hin atrophisch. Es bleibt das Chorion als Ueberzug, aber die Zotten verschwinden. Das Ei wächst immer weiter und weiter, und so arbeitet es sich aus der Uterusschleimhaut zuletzt ganz heraus, so dass es nur an einer scheibenförmigen Stelle mit derselben in Verbindung bleibt. Wenn dieser Process des Herausarbeitens nicht stattfindet, wenn das Ei seinen Ueberzug von der Wand des Uterus behält, so dass es sich in der Uteruswand weiter entwickelt, dann entsteht das, was man mit dem Namen einer interstitiellen Schwangerschaft bezeichnet.

Wenn es sich nun aber herausgearbeitet hat, und an seiner Oberfläche die Zotten geschwunden sind, so haben sich dafür an derjenigen Seite, an welcher das Ei mit dem Uterus in Verbindung bleibt, die Zotten immer mehr vermehrt, sie sind immer weiter gewachsen, es hat sich vom Uterus aus eine grosse Menge neuen Gewebes gebildet, so dass hier jetzt ein massiges Organ entstanden ist, welches man mit dem Namen der Placenta belegt. In dieses Organ gehen also von einer Seite hinein die Gefässe des Embryo, die Endäste der Vasa umbilicalia, die in die Zotten hineingehen, und zwar gehen sie in der Weise in sie hinein, dass sie die Zapfen der hirschgeweihartig verzweigten Zotten mit Capillarschlingen versehen. Dabei ist eine Capillarschlinge nicht blos für einen Zapfen bestimmt, sondern sie steigt in einen Zapfen hinauf, steigt wieder herunter, dann ebenso in der nächsten und so fort, so dass ein und dieselbe Capillarschlinge eine Reihe von Zapfen versehen kann. Von der anderen Seite kommen in die Placenta hinein die mütterlichen Gefässe. Die Zotten selbst sind mit protoplasmareichen Zellen bekleidet, die man auch als ein Epithel der Zotten bezeichnet hat, und sie sind mit diesen beim Menschen in verhältnissmässig weite mütterliche Bluträume eingesenkt, in die mütterliche Arterien das Blut einführen, und aus denen mütterliche Venen das Blut abführen, so dass sie direct vom mütterlichen Blute bespült werden. Ich muss indess bemerken, dass man unsere Kenntniss vom Bau der menschlichen Placenta nicht als vollkommen, nicht als abgeschlossen betrachten kann, weil bei gewissen Thieren, deren Placenta man mit mehr Leichtigkeit und Sicherheit untersuchen kann, als die des Menschen, und bei denen uns über den Bau des Mutterkuchens nicht der geringste Zweifel bleibt, Verhältnisse vorkommen, die

so weit abweichen von dem, was wir beim Menschen vorfinden, dass es kaum glaublich ist, dass innerhalb der Reihe der Säugethiere so grosse Abweichungen vorkommen sollten.

Beim Kaninchen liegt, wie Mauthner nachgewiesen hat, zwischen den Zotten ein dichtes Netz von Blutcapillaren, die so gebildet werden, dass die einander gegenüberliegenden Bekleidungszellen so mit einander verwachsen, dass sie zwischen sich netzförmig zu einem Kanalsystem verbundene Räume lassen, in denen das mütterliche Blut circulirt. In Fig. 81 ist *s s* das bindegewebige Stroma der Zotten, *e* ein fötales Capillargefäss, *n n* sind die mit einander verwachsenen Bekleidungszellen und *v v* die von ihnen eingeschlossenen mütterlichen Capillaren, die Räume des eben erwähnten Kanalsystems. Wenn die Placenta stark mit Blut überfüllt ist, so werden die Verbindungsstücke der Bekleidungszellen zu dünnen Protoplasmasträngen ausgedehnt, wie dies Fig. 82 zeigt, in der die Buchstaben dieselbe Bedeutung haben, wie in Fig. 81. Man denke sich nun diese Stränge zerrissen, so würde ganz der Zustand hergestellt sein, wie man ihn beim Menschen findet: die Bekleidungszellen wären das sogenannte Epithelium der Zotten. Es ist deshalb die Vermuthung nicht abzuweisen, dass auch beim Menschen im Leben zwischen den Zotten ein ähnliches geschlossenes Capillarsystem liegt, und dass die gemeinsamen Bluträume, welche man in der Placenta vorfindet, nur Leichenerscheinung sind.


Fig. 81.

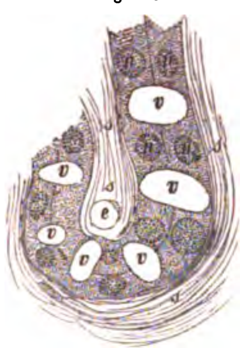


Fig. 82.



Jedenfalls ist, durch verhältnissmässig dünne Schichten getrennt, das Blut des Embryo in stetem Diffusionsprocesse mit dem Blute der Mutter. Es nimmt Material aus dem Blute der Mutter auf dem Wege der Diffusion und Filtration auf, es nimmt aber mit demselben auch Sauerstoff aus dem Blute der Mutter auf, so dass also die Placenta zugleich Ernährungs- und Respirationsorgan für den Embryo ist.

Ehe wir weiter gehen, muss ich noch auf einige Lehren aufmerksam machen, die freilich jetzt keine Geltung mehr haben, deren Terminologie sich aber noch in vielen Büchern vorfindet, und die man deswegen kennen muss. Dasjenige Chorion, das wir das primäre Chorion genannt haben, ist das primäre Chorion Reicherts, und das, was wir das secundäre oder das gefässreiche Chorion genannt haben, ist das secundäre Chorion Reicherts. Einige nahmen ein primäres, ein secundäres und ein tertiäres Chorion an. Das primäre sollte aus der Zona pellucida hervorgehen, es sollten das Fortsätze sein, die die Zona pellucida zuerst in die Utriculardrüsen hineinschickt. Dann war natürlich das gefässlose vom äusseren Blatte der Keimhaut stammende Chorion das secundäre,

und das gefässreiche das tertiäre. Reichert hat aber nachgewiesen, dass dieses primäre Chorion nicht existirt, dass die Zona pellucida verschwindet, ohne ein Chorion zu bilden, und dass die Zapfen, die man auf Eiern, welche kurze Zeit im Uterus gelegen haben, findet, aus Epithelzellen bestehen und vom Epithel der Utriculardrüsen herrühren, das dem Ei angeklebt ist, und das man beim Herausnehmen des Eies mit ausgerissen hat.

Ferner werden Sie in den Büchern von einer Decidua, von einer Decidua reflexa und von einer Decidua serotina lesen. Diese ganze Terminologie beruht auf folgender Anschauung. Man nahm an, dass sich im Uterus durch Ausschwitzung von der Uteruswand eine Haut bilde, welche den ganzen Uterus auskleide und die drei Eingänge desselben schliesse, das war die Decidua oder hinfällige Haut. Nun sollte das Ei von der einen oder andern Tuba hereinkommen und die Decidua vor sich herschieben, zurückstülpen. So entstand die Decidua reflexa. Endlich sollte sie dieselbe so weit vor sich herschieben, dass die Decidua und die Decidua reflexa sich an einander legten, und nun sollte an der Stelle, wo die Decidua zurückgestülpt, wo also eine freie Stelle an der Uteruswand entstanden war, eine neue Ausschwitzung stattfinden, und so sollte sich die Decidua serotina bilden und aus dieser später die Placenta. Heutzutage haben diese Bezeichnungen keinen Sinn mehr, weil wir durch E. H. Weber wissen, dass diese Häute nicht existiren, dass das Ei in die offene Uterushöhle hineingelangt, von der Schleimhaut umwallt und überwallt wird, und durch sein eigenes Wachsthum sich wieder hervorarbeitet, so dass es nur an der Placentarseite mit der Uteruswand in Verbindung bleibt.

Zwillinge und Drillinge.

Es entsteht nun die Frage: Wie gestaltet sich die Sache, wenn Zwillinge oder Drillinge sich im Uterus entwickeln? Zwillingsgeburten sind ziemlich häufig, es kommt nach Longet auf je 70 bis 80 Geburten eine Zwillingsgeburt. Dagegen sind Drillingsgeburten ausserordentlich viel seltener, man hat nach Longet unter 37,441 Geburtsfällen nur fünf Drillingsgeburten gezählt: die Drillingsgeburten sind also 100mal seltener als die Zwillingsgeburten. Die verschiedenen Früchte sind theils vollständig getrennt, theils haben sie verwachsene Placenten und deren Gefässe communiciren mit einander. Sie können dann auch zwei in einem Chorion, ja selbst zwei in einem Amnion liegen. Was das letztere anlangt, so nimmt man wegen der Art der Entwicklung des Amnion an, dass es anfangs bei Zwillingen immer doppelt sei und erst später durch Atrophie der aneinandergelegten Theile in Eines verschmelze. Ein ähnlicher Fusionsprocess kann erfahrungsmässig auch für das Chorion vorkommen. Es ist also möglich, dass alle Zwillinge in einem Chorion, so wie die in zweien, aus zwei verschiedenen Eiern stammen. Andererseits aber machen die verschiedenen Stufen und Arten der Doppelmissbildungen es wahrscheinlich, dass auch der Keim in einem Ei doppelt sein, oder bei der Furchung doppelt werden könne. Man muss es deshalb dahingestellt sein lassen, in wie weit die Zwillinge mit gemeinschaftlichem Chorion aus zwei Eiern und in wie weit sie aus einem Eie

stammen. Als eine merkwürdige Thatsache verdient erwähnt zu werden, dass sie nach den Erfahrungen der Geburtshelfer ausnahmslos, oder fast ausnahmslos gleichen Geschlechtes sind.

Superfötation.

Eine zweite Frage ist die, ob die beiden Eier, aus denen die Zwillinge hervorgehen, zu gleicher Zeit oder doch nahezu zu gleicher Zeit befruchtet werden müssen, oder ob erst ein Ei in den Uterus hineingelangen und dort befruchtet werden kann, dem vier oder acht Wochen später ein zweites Ei folgt, um dort auch noch befruchtet zu werden und sich dann neben dem andern zu entwickeln. Es ist dies die Frage nach der sogenannten Superfötation.

Um nachzuweisen, dass wirklich eine Superfötation existirt, müsste man einmal in einer Leiche zwei Eier antreffen, von denen das eine verhältnissmässig noch weit in der Entwicklung zurück, und das andere ihm soweit in der Entwicklung voraus wäre, dass man seine Befruchtung nothwendig um vier oder acht Wochen weiter nach rückwärts verlegen müsste. Solche Fälle aber weist die Literatur nicht auf. Die Lehre von der Superfötation stützt sich in erster Reihe darauf, dass Zwillinge zur Welt gekommen sind, von denen der eine anscheinend viel weiter entwickelt war, als der andere, so dass man sich dadurch veranlasst sah, anzunehmen, dass der eine thatsächlich älter sei als der andere. Man muss aber wohl berücksichtigen, dass sich in der Regel die Zwillinge ungleich entwickeln, dass der eine sich stärker entwickelt als der andere, so dass es wohl den Anschein haben kann, als ob der andere jünger sei, weil er eben in der Entwickelung gegen seinen stärkeren Bruder zurückgeblieben ist. In der Mehrzahl der citirten Fälle sind aber nicht einmal beide lebendig geboren worden, sondern sie sind entweder beide todt geboren, oder der stärkere, der angeblich ältere, war lebend, während der angeblich jüngere todt geboren wurde. Nun weiss man aber, dass Kinder, die im Mutterleibe absterben, nicht faulen, sondern nur einem langsamen Macerationsprocesse unterliegen. An dem Grade desselben lässt sich nicht sicher erkennen, vor wie langer Zeit der Tod erfolgt ist. Es kann wohl vorkommen, dass der schwächere der Zwillinge abstirbt, dass er dann noch längere Zeit im Mutterleibe bleibt und nun mit dem stärkeren zusammen ausgestossen wird, wodurch dann der Anschein entsteht, als ob man es mit einer Frucht zu thun habe, die jünger ist, weil sie thatsächlich in der Entwicklung zurückgeblieben ist, weil sie nicht nur schwächer entwickelt ist, sondern weil sie die Zeichen an sich trägt, die einem früheren Entwicklungsstadium angehören.

Ein Fall, der bisweilen auch für die Superfötation angeführt wird, ist folgender: Ein Frauenzimmer kam mit einem weissen Kinde und einem Mulatten nieder. Das ist aber ein Fall, der gar nichts mit der Superfötation zu thun hat, denn es ist gar nicht gesagt, dass diese beiden Zwillinge ungleich entwickelt waren, sondern nur, dass der eine ein weisses Kind und das andere ein Mulatte war. Das erklärt sich einfach so, dass bei derselben Menstruation zwei Eier in den Uterus gelangt sind, dass das Frauenzimmer wahrscheinlich ziemlich kurz hintereinander mit einem Weissen und einem Neger geschlechtlich verkehrte,

und dass das eine Ei vom Samen des Weissen, das andere von dem des Negers befruchtet wurde.

Aufbau des Embryo.

Wir wollen jetzt näher in den Aufbau des Embryo eingehen, und zwar wollen wir ihn erst im Allgemeinen und dann den Aufbau der einzelnen Systeme durchnehmen.

Wir haben in den Schichten des Embryo zunächst die Anlage des Centralnervensystems kennen gelernt, dann die Fortsetzung des äusseren

Fig. 83.

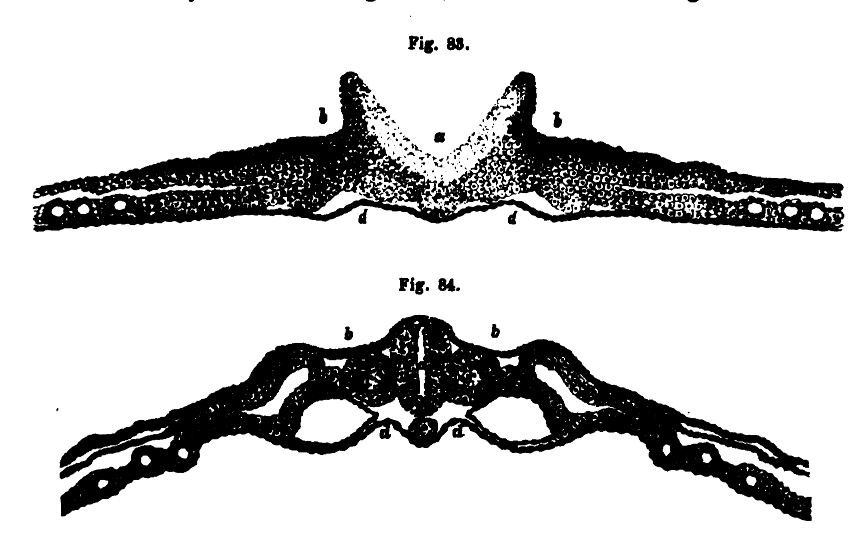


Fig. 84.

Keimblattes gegen die Peripherie hin (s. Fig. 83 b. Diese Figur, sowie 84, 87 und 88 sind nach grossen Wandtafeln auf Holz photographirt und geschnitten. Die Wandtafeln wurden von Seboth nach Präparaten vom Hühnchen in der Weise gemalt, dass die einzelnen Arten von Zellen in den Hauptdimensionen durchgezählt wurden. Es stimmen also nicht nur die relativen Dimensionen mit der Wirklichkeit; es stimmt auch im Grossen und Ganzen die Anzahl der Zellen) die wir nach Remak mit dem Namen des Hornblattes bezeichnet haben. Ferner haben wir unter dem Centralnervensystem die Chorda dorsalis *(e)* kennen gelernt, und unter der Chorda dorsalis, unter dem ganzen Embryo hingehend, das sogenannte innere Keimblatt oder Baer's Schleimblatt *(d)*. Zwischen beiden liegt nun das mittlere Keimblatt, die grosse Masse, die im Wesentlichen der Membrana intermedia von Reichert entspricht, und welche sich von der Peripherie gegen die Axe hin in zwei Schichten spaltet, von welchen die eine mit dem Hornblatte, die andere mit dem inneren Keimblatte verwachsen ist. Die äussere haben wir nach Remak mit dem Namen der Hautmuskelplatte, die innere haben wir nach Remak mit dem Namen der Darmfaserplatte bezeichnet. Wir haben in Fig. 84 ein zweites Stadium. In diesem hat sich die primitive Rinne nach oben zum Canalis centralis medullae spinalis *(a)* geschlossen, es haben sich

zwei gesonderte Zellenmassen (c) zu beiden Seiten des Rückenmarks gebildet, aus denen später die Wirbel hervorgehen werden. Ich muss gleich von vorneherein bemerken, dass sich aus diesen selben Zellenanlagen, in den Zwischenräumen der Wirbel die Wurzelganglien der

Fig. 85.

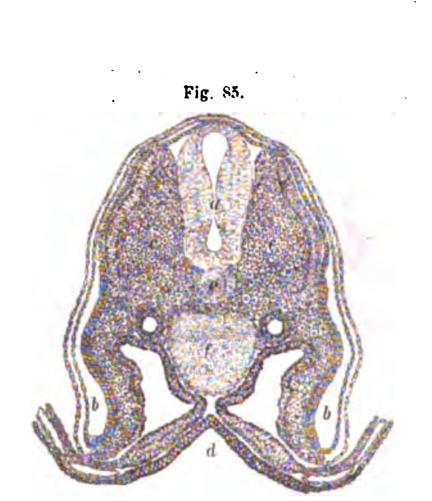


Fig. 86.



Rückenmarksnerven entwickeln. Man sieht in Fig. 86 eine solche Anlage bei *b* unter dem Hornblatte liegen. Nach aussen von der Urwirbelanlage liegt in Fig. 84 eine Zellenmasse, aus welcher später der Wolff'sche Körper, die Primordialniere, hervorgeht, dessen Ausführungsgang in Fig. 86 schon zu sehen ist. Sein Durchschnitt liegt wie eine kleine Rosette in dem Höcker, der zwischen Darm und Flanke in die künftige Pleuroperitonaealhöhle vorspringt. Darunter liegt die (s. Fig. 84) Anlage zweier grosser Blutgefässe, welche die primitiven Aorten sind, die man in Fig. 86 näher an einander gerückt wieder sieht. In Fig. 85, die ein Stadium darstellt, das dem Alter nach zwischen Fig. 84 und Fig. 86 liegt, sind sie zu einer einfachen Aorta abdominalis (*f*) vereinigt. Es rührt dies daher, dass hier der Schnitt tiefer unten durch den Bauch geht, während er in Fig. 86 die Gegend des Schultergürtels trifft, in der die Aorten als Fortsetzung der Arcus aortae noch getrennt sind.

In diesem Stadium nun fängt die Uranlage des Wirbelsystems an, mit den benachbarten Theilen des mittleren Keimblattes nach aufwärts zu wuchern, und zwar so weit, dass sie hier auf das Niveau des Centralnervensystems kommt, und endlich wuchern die Elemente des mittleren Keimblattes herüber und schliessen sich, zwischen Hornblatt und Nervensystem eindringend, also auf dem Rückenmarksrohre, nach oben. Der Verschluss erfolgt nicht in allen Theilen zugleich, ebenso wie der Verschluss des Centralnervensystems nicht in allen Theilen zugleich erfolgt. Zu gleicher Zeit schreitet die Metamorphose gegen die Chorda dorsalis hin fort. Die Zellen, die sich früher nicht von den übrigen Embryozellen unterschieden, werden in Knorpelzellen umgewandelt, und es bilden

sich nun die Wirbelkörper. Die Vereinigung der Aorten, oder vielmehr das Wachsthum des vereinigten Stückes der Aorten, schreitet fort, und ebenso entwickeln sich die Wolff'schen Körper weiter, deren Ausführungsgänge man in Fig. 85 und Fig. 86 schon erkennt. Auch haben sich schon reichlich Zellen angesammelt seitlich zwischen dem Hornblatte und der alten Hautmuskelplatte, welche jetzt die Auskleidung der künftigen Pleuroperitonaealhöhle bildet. Diese Zellen bauen die Flanken des Embryo auf, die mit ihrem unteren Theile noch direct in das Amnion übergehen. Der Embryo ist zu dieser Zeit nach unten noch offen. Es existirt noch keine Darmhöhle, es existirt noch kein Ductus omphalomeseraicus seu omphaloënterious. Diese bilden sich nun dadurch, dass sich das innere Keimblatt, das Sie in Fig. 85 *d* dachförmig eingebogen sehen, mit der daranfliegenden Darmfaserplatte nach abwärts biegt; zwischen ihnen beiden erscheinen neue Elemente (s. Fig. 86), aus denen später die eigentliche Darmwand wird, während das Schleimblatt nur das innere Epithel und die alte Darmfaserplatte nur das äussere Epithel darstellt. Diese Schichten ziehen sich nach unten zusammen und bilden auf diese Weise einen verengerten Hals, so dass es jetzt zwei Höhlen gibt: die eine ist die Darmhöhle und die andere ist die Höhle der Nabelblase oder des Dottersackes. Dieser Hals wird immer enger, und nun hat er sich umgewandelt in den Ductus omphalomeseraicus seu omphaloënterious.

Neben diesen Veränderungen, durch welche der Darmkanal angelegt wird, gehen andere im äusseren Keimblatte und in der Hautmuskelplatte her. Diejenige Partie, die wir als die gegen die absteigende Amnionfalte heruntersteigende kennen gelernt haben, wächst immer weiter und weiter und umwächst auf diese Weise nach und nach den Darm, so dass sie ihn auch nach unten zu umschliesst. Auf diese Weise wird die Leibeshöhle geschlossen. Die alte Darmfaserplatte wird, wie erwähnt, zur Auskleidung der Pleurahöhle und der Peritonaealhöhle, die jetzt noch als Pleuroperitonaealhöhle mit einander vereinigt sind.

Schon früher hat sich der Kopf des Embryo nach abwärts gebogen und es wuchert von ihm gegen die Bauchseite eine Zellenmasse herunter, die man mit dem Namen der Baer'schen Kopfkappe bezeichnet. Unter dieser Zellenmasse entsteht eine Höhle, die sogenannte Fovea cardiaca, und in dieser findet man die Anlage des Herzens, die nach den Beobachtungen von Schenk dadurch entsteht, dass sich die Darmfaserplatte hier unter dem Darme noch einmal ausstülpt, weiter und weiter sich ausstülpt und endlich sich abschnürt, so dass vor dem Darme noch eine neue Höhle entsteht, die nichts Anderes ist, als die Höhle des Herzens, mit welcher die grossen Gefässe, sobald sie als Höhle beobachtet wird, schon in Verbindung stehen, ohne dass die Art und Weise, wie diese Verbindung zu Stande kommt, mit Sicherheit bekannt wäre.

Die weiteren Veränderungen des Embryo beziehen sich theils auf die Entwicklung der inneren, theils auf die der äusseren Geschlechtstheile, auf die Bildung des Gesichtes und auf das Hervorwachsen der Extremitäten. Wir werden diese Vorgänge einzeln und in bestimmter Ordnung durchgehen.

Entwickelung des Nervensystems.

Wir wollen mit dem Centralnervensysteme anfangen. Wir haben gesehen, dass beim Menschen, bei den Säugethieren und den Vögeln das Centralnervensystem sich aus einer Masse anlegte, die sich rinnenförmig einbog, indem ihre Seitentheile sich erhoben, so dass die primitive Rinne entstand, und dass sich dann die Anlage des Centralnervensystems über der primitiven Rinne schloss, und diese zum Canalis centralis medullae spinalis wurde. Das ist auch ebenso bei den beschuppten und den nackten Amphibien. Es ist aber nicht so bei den Fischen, wenigstens nicht bei unseren Knochenfischen. Vor einigen Jahren hat Schapringer hier im Laboratorium gefunden, dass bei der Forelle sich das Centralnervensystem in ganz anderer Weise anlegt. Die ursprünglich vorhandene, aber sehr flache primitive Rinne verstreicht, und das Nervensystem legt sich als ein solider Strang an. Der Querschnitt desselben ist etwas eiförmig oder birnförmig, so dass die lange Axe dieser Ellipse oder dieser Ovoide in der Medianebene steht. Dann deshisciren die Zellen in der Mitte, so kommt ein Spalt zu Stande. Es ergibt sich dadurch eine Ansicht, ganz ähnlich wie wir sie in Fig. 84 haben, aber diese Gestalt kommt auf ganz andere Weise zu Stande, als dies eben bei den Säugethieren, den Vögeln, den beschuppten und nackten Amphibien geschieht. Es war nun zu untersuchen, wie sich in dieser Beziehung die sogenannten Palaeïchthyes verhalten, das heisst die Abtheilungen von Fischen, deren Repräsentanten schon vor der Kreide existirten, und die jetzt noch vertreten sind durch die Haie, die Rochen, die Chimären, die Störe, die Spatularien, durch die Genera Lepisosteus, Polypterus und Amia und durch den Ceratodus Forsteri. Es ist dies auch theilweise bereits geschehen. F. M. Balfour hat bei Haien die Bildung des Rückenmarks ganz so, wie bei den übrigen Wirbelthieren, gefunden und ebenso Schenk, der auch bei Torpedo dasselbe beobachtete.

Wenn das Centralnervensystem sich nun schliesst, so schliesst es sich nicht in seiner ganzen Länge zugleich, sondern zunächst in seiner Mitte, so dass die Wülste nach oben und unten in einem sehr spitzen Winkel auseinanderstehen. Der untere Theil schliesst sich normalerweise später vollständig. Ein Theil der oberen Partie aber bleibt offen und stellt den vierten Ventrikel mit dem Calamus scriptorius dar. In dem Theile nun, der vor demselben liegt, bilden sich Ausbuchtungen, Erweiterungen, die sogenannten drei Gehirnzellen. Aus der ersten dieser Gehirnzellen bildet sich der N. opticus, der N. olfactorius und die Hemisphären des Grosshirns. Aus dem Verbindungsstücke zwischen erster und zweiter Hirnzelle bilden sich die Sehhügel, aus der zweiten Gehirnzelle das Mesencephalon, die Corpora quadrigemina. Aus der dritten Gehirnzelle bildet sich das kleine Gehirn, der vordere Theil der Medulla oblongata mit den Oliven und der N. acusticus.

Es entwickeln sich zuerst die Corpora quadrigemina (Fig. 87 *m* und Fig. 88 *m*) in der Weise, dass sie den übrigen Gehirntheilen vorauseilen und die Hauptmasse des ganzen Gehirns ausmachen. Erst später kommen ihnen das kleine Gehirn und das grosse Gehirn in der Entwickelung nach, bis endlich die Hemisphären des grossen Gehirns immer mehr das Uebergewicht erlangen und beim Menschen alles Uebrige, die

ɔra quadrigemina und selbst das kleine Gehirn, vollständig über-
sen. Es macht also das Gehirn während der Entwickelung einen
chen Gang durch, wie sich derselbe zeigt, wenn wir den Bau des
rns der Wirbelthiere von
niederen zu den höheren
›lgen. Wie es ja überhaupt
allgemeine Erfahrung ist,
die niederen Wirbelthiere
›nigen sind, die in ihrer
ɩnisation dem embryonalen
ande am nächsten stehen,
rend die höchsten Wirbel-
re die sind, die sich am
;esten vom embryonalen Zu-
.de entfernt haben. Man hat
ɩalb früher wohl gesagt: Die
eren Wirbelthiere durchlaufen
embryonalen Leben alle Stadien der Wirbelthierreihe, sie sind erst
Fischen, dann den Amphibien, dann den Vögeln und endlich den
.gethieren ähnlich. So ausgedrückt, ist diese Angabe unrichtig: richtig
es aber, dass die Embryonen aller Wirbelthiere sich untereinander
l ähnlicher sehen, als die entwickelten Wirbelthiere selbst, und dass
sich im Laufe der Entwickelung nach und nach in der Weise ver-
lern, dass sie einander immer unähnlicher werden, und sich dabei
höher stehenden immer weiter als die niedrig stehenden vom embryo-
len Zustande entfernen.

Fig. 87. Fig. 88.



Fig. 87 und Fig. 88 nach Reissner.

Von den übrigen Theilen des Nervensystems werden zuerst die
.nglien sichtbar, und zwar zuerst das Ganglion semilunare Gasseri und
ɜ Wurzelganglien der Spinalnerven. Die Wurzelganglien der Spinal-
rven entwickeln sich zwischen den Anlagen der Wirbel aus ganz ähn-
:hen Anlagen, wie diese, und setzen sich dann mit dem Rückenmarke
Verbindung.

Es ist die Frage ventilirt worden, ob die Nerven vom Central-
gane ausgehen und in die peripherischen Theile hineinwachsen, oder
› sie umgekehrt, wie Serres angab, an ihrem centralen Ende zum
ückenmarke hin wachsen. Es ist das eine Frage, die sich in dieser
orm nicht entscheiden lässt, denn die Nerven entwickeln sich eben da,
o sie später gefunden werden. Sie wachsen nicht in die fertigen Ge-
ebe hinein, sondern wenn man die Anlage eines ganzen Gebildes vor
ch hat, so differenziren sich die Zellen so, dass die einen zu Muskeln,
ie anderen zu Nerven, die dritten zu Bindegewebe u. s. w. werden.

Entwickelung des Auges.

Im nahen Zusammenhange mit der Entwickelung des Nervensystems
teht die Entwickelung der höheren Sinnesorgane. Aus der ersten Gehirn-
elle bildet sich seitlich und nach abwärts eine Ausstülpung. Diese ist
ɩichts Anderes, als die erste Anlage des N. opticus. Dieser Ausstülpung
;egenüber bildet sich im äusseren Keimblatte eine kleine Grube. Diese
Grube drückt die Ausstülpung, die hohl, kolbenartig ist, von vorne und

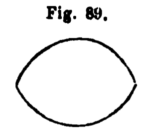
von unten her ein, so dass eine Partie derselben hineingebogen, hineingestülpt wird. Dabei schliesst sich diese Grube mit den Zellen, welche sie bilden, nach vorn vollständig gegen das äussere Keimblatt ab und trennt sich von ihm, so dass dieses nun darüber hinweggeht. Es entsteht auf diese Weise hier ein rundliches Gebilde, das in den erwähnten Fortsatz des Gehirns hineingedrückt liegt und nichts Anderes ist, als die Linse. Die Linse wächst nun durch Neubildung von Zellen immer weiter, die ursprüngliche Ausstülpung des Gehirns theilt sich in einen Stiel und in den in sich zurückgestülpten Kolben. Der Stiel ist der N. opticus, und der in sich zurückgestülpte Kolben ist die Retina; aber wohl gemerkt, die ganze Retina mit Einschluss der Stäbchenschichte entsteht aus dem inneren zurückgestülpten Blatte; das äussere Blatt des Kolbens, in welches sich das andere eingestülpt hat, wird nur umgewandelt in die Pigmentschicht der Chorioidea. Aus den umgebenden Zellen, die vom mittleren Keimblatte abstammen, bildet sich nur ein bindegewebiger Ueberzug, welcher in das Stroma der Chorioidea umgewandelt wird, in welchem sich nun die Gefässe der Chorioidea bilden. Gleichzeitig aber lagert sich eine durchsichtige Masse zwischen der Linse und der Retina ab, und diese ist der Glaskörper. Aus dem Theile des äusseren Keimblattes, der über die Linse weggeht, ist die Hornhaut geworden, die Augenlider sind eine spätere Bildung. Sie entstehen als Falten nach oben und unten von der Hornhaut, die gegen einander wachsen. Zwischen Linse und Hornhaut sammelt sich etwas Flüssigkeit an, der Humor aqueus. Sie haben also jetzt schon die brechenden Medien des Auges, Sie haben die Cornea, nahe dahinter die Linse, dahinter den Glaskörper, der von der Retina umschlossen ist, die mit dem N. opticus in Verbindung steht. Darüber liegt schon die Chorioidea: nach abwärts aber, da wo sich das äussere Keimblatt in den Kolben eingestülpt hat, bleibt eine Zeit lang eine offene Stelle, ein Spalt in der Chorioidea und auch in der Pigmentschicht, und dies ist das sogenannte normale oder physiologische Colobom (Fig. 87 *c* und 88 *c*). Wenn sich dieser Spalt später nicht schliesst, so stellt er das vor, was mit dem Namen des bleibenden Coloboms bezeichnet wird. Das pathologische Colobom setzt sich bekanntlich auch in die Iris fort. Aber die Iris selbst existirt zu der Zeit nicht, wo das normale Colobom sichtbar wird, sondern sie entsteht erst von der Chorioidea als ein sich nach vorn hin verbreitender Saum, der ringsum über die Linse herüberwächst. Dann entstehen zuletzt an der Innenseite des Ciliartheils der Chorioidea die Ciliarfortsätze, welche sich nun in die Zonula Zinnii, oder vielmehr zunächst in den Ciliartheil der Retina hineinschieben, in den Theil der Retinaanlage, der nicht zur wirklichen Netzhaut verwendet wird.

Auf diese Weise ist das Auge angelegt worden und enthält bereits alle wesentlichen Theile. Aber es unterscheidet sich noch von dem vollständig entwickelten Auge durch seinen Gefässreichthum. Der Glaskörper hat Gefässe, die von der Arteria hyaloidea ausgehen, die Hornhaut hat Gefässe, und die Linse ist mit einer gefässreichen Kapsel umgeben. Die Gefässe des Glaskörpers schwinden dann, es bleibt aber noch eine Arterie, die durch den Glaskörper zur gefässreichen Linsenkapsel hinläuft, die sogenannte Arteria capsularis. Beim neugebornen Menschen ist die gefässreiche Linsenkapsel bereits geschwunden, aber nicht so bei den reissenden

Thieren. Bei den jungen Kätzchen findet man sie noch vor, und wenn man sie injicirt und dann vorn die Iris aufhebt, so findet man, dass die Pupille mit einer Membran geschlossen ist, welche ein zierliches Gefässnetz trägt. Diese Mémbran ist die sogenannte Membrana pupillaris, sie ist eben der Theil der gefässreichen Kapsel, der hinter der Pupille liegt und mit dem Pupillarrande der Iris verbunden ist. Dann folgt, wenn man die Iris von der Linse abhebt, ein membranöser Trichter, der als solcher erst durch das Abheben gestaltet wird. Er geht vom Pupillarrande zum Umfang der Linse und ist nichts Anderes, als der Rest der vordern Hälfte der gefässreichen Linsenkapsel, ist das, was man mit dem Namen der Membrana capsulo-pupillaris bezeichnet.

Das Auge des neugebornen Menschen unterscheidet sich noch in einigen Punkten von dem später weiter entwickelten. Die Cornea ist in der Mitte nicht dünner, sondern dicker als am Rande. Die Linse prominirt stark, so dass die Iris auf ihr in einer convexen Oberfläche ruht. Es existirt also hier keine hintere Augenkammer, wie sie später beim Erwachsenen existirt, und auch die vordere Augenkammer ist sehr eng, weil eben die Cornea in der Mitte verhältnissmässig dick ist, und die Linse stark convex. Auch die Gefässe der Hornhaut verhalten sich etwas verschieden von denen der Hornhaut des Erwachsenen. Beim Erwachsenen bildet das gefässfreie Feld der Hornhaut eine Ellipse mit querliegender grosser Axe, beim Neugebornen aber bildet es eine Figur, wie die nebenstehende, indem die Gefässe von oben und von unten über die Hornhaut hinübergreifen, und zwar weiter, als beim Erwachsenen, rechts und links aber nicht.

Fig. 89.



Entwickelung des Geruchsorgans.

Das Geruchsorgan entwickelt sich so, dass der Geruchsnerv ebenso wie der N. opticus als Hirnausstülpung entsteht, während sich im äusseren Keimblatte ein Grübchen bildet, aus dessen Zellen das Geruchsepithel hervorgeht, und mit welchem sich der N. olfactorius in Verbindung setzt. Bei Säugethieren und Menschen werden nachher durch das weitere Wachsen des Gesichtsschädels diese Gebilde in die Tiefe verlegt.

Entwickelung des inneren Ohres.

Das Ohr legt sich in analoger Weise an. Auch hier bildet sich von der Oberfläche eine Einstülpung des Hornblattes, welche sich wiederum zu einem kleinen Säckchen schliesst und abschnürt. Dieses kleine Säckchen, mit dem das Centralnervensystem durch den sich bildenden N. acusticus in Verbindung tritt, ist das Gehörbläschen (Fig. 87 *l*), die erste Anlage des inneren Ohres. Die Entwickelung des äusseren und des mittleren Ohres werden wir später kennen lernen. Aus diesem Bläschen geht nun hervor die Schnecke, der Sacculus, der Utriculus, die Bogengänge und der Aquaeductus vestibuli. In einer verhältnissmässig frühen Periode verflacht es sich und bekommt zwei Eindrücke, so dass es in drei Abtheilungen getheilt erscheint (Fig. 88 *l*). Dann wächst die mittlere Partie weiter aus und bekommt eine weitere Höhle, während die seitlichen

Partien nach entgegengesetzten Seiten dünner und schlanker auswachsen. Das eine Stück, das nach aufwärts wächst (Fig. 90 und 91 β), ist der sogenannte Recessus labyrinthi oder Recessus vestibuli, und aus ihm wird der Aquaeductus vestibuli. Aus der Abtheilung, die nach abwärts und innen wächst (Fig. 90 und 91 γ), wird die Schnecke. Nun bilden sich faltenförmige Hervorragungen, welche sich von der Hauptmasse des Gehörbläschens abzweigen. Diese faltenartigen Hervorragungen sind die Anlagen der Bogengänge. Letztere entstehen so, dass Sie sich vorstellen müssen, dass die Falten in ihrer Fläche zusammengedrückt werden, und die Blätter derselben sich wieder mit einander vereinigen, so dass nur eine bogenförmige Lichtung bleibt, die dem Rande der Falte folgt. Am spätesten entwickelt sich das Corti'sche Organ. Es ist beim Menschen und Säugethiere erst vollständig entwickelt zu einer Zeit, wo das Felsenbein verknöchert ist. Darin liegt eine wesentliche Erschwerung der Untersuchung. Man kann das Gehörorgan von Embryonen sehr leicht untersuchen, so lange man durch den Knorpel des Felsenbeins Durchschnitte machen und die Dinge frisch unter das Mikroskop bringen kann. Zu dieser Zeit ist aber an der Stelle, wo sich später das Corti'sche Organ entwickelt, nur ein Cylinderepithel vorhanden, das auf der Membrana basilaris steht, und an welchem man schon die Stellen erkennt, wo sich Steg und Saite entwickeln werden. Aber die Zeit der Entwickelung von Steg und Saite fällt, wie gesagt, in eine Periode, in der das Felsenbein schon verknöchert ist, in der man also schon mittelst Säuren (am besten geschieht es mittelst Pikrin- oder Chromsäure) entkalken muss, um durch die betreffenden Theile Durchschnitte machen zu können.

Fig. 90. Fig. 91.

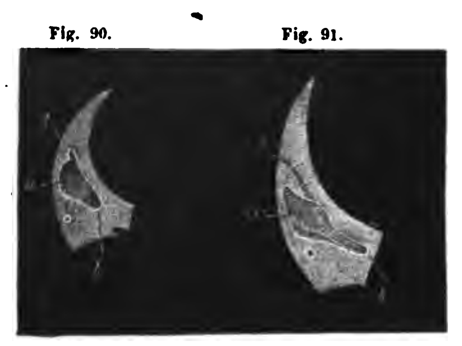


Fig. 90 und 91 nach Reissner.

Entwickelung des Knochen-, Haut- und Muskelsystems.

Wir gehen nun zur Entwickelung des Knochen-, des Haut- und des Muskelsystems über. Zu beiden Seiten des Centralnervensystems und der Chorda dorsalis liegen, wie wir früher gesehen haben, ein Paar Zellenmassen, aus denen später die Wirbel hervorgehen. Ein Theil dieser Zellenmassen, und zwar zunächst der mehr nach aussen liegende metamorphosirt sich, die Zellen verändern ihr Ansehen. Diese Metamorphose dringt immer weiter nach innen und gegen das Centralnervensystem und die Chorda dorsalis vor, so dass zuletzt beiderseits zwei Stücke von knorpeliger Anlage entstehen, welche die Chorda und das Centralnervensystem von beiden Seiten einschliessen. Von diesen baut sich weiter nach aufwärts ein im Laufe der Zeit fester werdendes Gerüste gleichfalls aus Zellen des mittleren Keimblattes und schliesst das Centralnervensystem von oben ein. Auf diese Weise entwickeln sich die Wirbelbögen und

später die Dornfortsätze. Andererseits wachsen jene Anlagen gleichzeitig um die Chorda herum und bilden auf diese Weise die Wirbelkörper, so dass die Chorda in den Wirbelkörpern zu liegen kommt, wo sie bei den niederen Wirbelthieren theils ganz, theils in ausgedehnten Resten während des ganzen Lebens gefunden wird. Von den seitlichen Stücken, die sich zum Wirbelkörper vereinigen, geht auch die Bildung der queren und der schrägen Fortsätze der Wirbel aus.

An der Schädelbasis gestaltet sich die Sache etwas anders. Da bilden sich zuerst zwei schienenartige Stücke unter dem Centralnervensystem und zu beiden Seiten der Verlängerung der Chorda. Dies sind die Rathke'schen Schädelbalken. Erst später erkennt man in der Knorpelmasse, die sich hier bildet, drei Verknöcherungspunkte hintereinander. Diese drei Verknöcherungspunkte, die in der knorpeligen Schädelbasis erst viel später erscheinen, sind die Grundlage der Lehre von den drei Schädelwirbeln. Von diesen gehört der eine in den Basaltheil des Hinterhauptbeines, der zweite in den hintern Keilbeinkörper, der vorderste und letzte in den vordern Keilbeinkörper. Die Schuppe des Hinterhaupt-, Stirn- und Schläfenbeins und die Scheitelbeine entstehen, wie wir später sehen werden, aus einer bindegewebigen Anlage. Auch der Gesichtsschädel steht nicht mit der Bildung des Wirbelsystems in unmittelbarem Zusammenhange und wir müssen ihn gesondert betrachten. Das vordere Ende der Chorda dorsalis ist nach Reichert die Hypophysis cerebri, während Rathke die Hypophysis durch eine Einstülpung in die Schädelbasis von unten her entstehen lässt.

Fig. 92.



Um die Entwickelung des Gesichtsschädels zu verstehen, müssen wir an die erste Bildung des Arteriensystems anknüpfen. Gehen wir von einem menschlichen Embryo aus, der in Fig. 92 $16^3/_4$mal vergrössert nach der Natur dargestellt ist. Das Herz *c* richtet sich mit seinem vorderen arteriellen Ende gegen den Kopf und ragt noch aus dem Leibe hervor. Dahinter sieht man die schon stark entwickelte Leber *h*, dann den Nabelstrang *f* und zuletzt das Schwanzende *u*, das durch die Schrumpfung in Weingeist etwas stärker nach abwärts gebogen ist. Vom Herzen gehen zu dieser Zeit nach oben zu jederseits die Aortenbögen aus, nachdem bereits im Abdominaltheile

des Embryo die beiden primitiven Aorten zu einer Aorta verschmolzen sind. Diese Aortenbögen sind nun zuerst jederseits einer, dann kommt ein zweiter und dann ein dritter. Zwischen diese Aortenbögen und das äussere Blatt der Keimhaut lagert sich Substanz ab, so dass zu beiden Seiten drei Schienen entstehen und zwischen denselben Spalten (Fig. 87 und 88 *v*). Da diese Spalten den Kiemenspalten der Fische entsprechen und sich auch beim Fischembryo in die Kiemenspalten umwandeln, so hat ihr Entdecker Rathke sie mit dem Namen der Kiemenspalten belegt. Später hat Reichert ihnen den Namen der Visceralspalten gegeben, und dieser Name hat im Allgemeinen den Vorzug erhalten, weil eben der Embryo der höheren Wirbelthiere zu keiner Zeit Kiemen oder auch nur Andeutungen derselben hat. Die Schienen nun, welche zwischen den Spalten liegen, bezeichnet man mit dem Namen der Visceralbögen, und diese spielen nach den Untersuchungen von Reichert eine wesentliche Rolle bei der Entwickelung des Gesichtsschädels.

Der oberste enthält die Anlage für den Hammer und den Amboss und ausserdem die Anlage für den Ober- und den Unterkiefer. Er spaltet sich in seinem vorderen Theil in zwei Stücke, in ein oberes und in ein unteres. Das obere Stück ist die Anlage für den Oberkiefer und bildet den oberen Theil des Gesichtes zusammen mit einem Fortsatze, der von der Stirngegend des Embryo herunterwuchert, und den wir mit dem Namen des Stirnfortsatzes bezeichnen (Fig. 87 und 88 *f*). Wir haben gesehen, dass in einer frühen Periode auch beim menschlichen Embryo das Auge wie bei den Thieren seitlich liegt. Nun wachsen die oberen Branchen des ersten Visceralbogens unter dem Auge hin und der Stirnfortsatz wächst zwischen den beiden Augen nach abwärts: dabei aber dehnt sich das Gehirn mit den rückwärtigen Bedeckungen weiter aus, und in Folge dieses Wachsthums werden die beiden Augen, die früher mehr seitlich lagen, mehr nach vorn gebracht. Sie haben also ein Stadium, wo von vorn gesehen die beiden Augen sichtbar sind, wo sie aber jederseits noch seitlich zwischen dem Stirnfortsatze und der obern Abtheilung des ersten Visceralbogens eingeschlossen liegen, dann werden sie zugleich mit den sie zunächst umgebenden Theilen weiter nach vorn gewendet. Die beiden Visceralbögen wachsen näher aneinander, der Stirnfortsatz wächst weiter herab: indem beider Grenzen verschmelzen, bildet sich aus der oberen Hälfte des Visceralbogens jederseits der Oberkiefer, aus dem Stirnfortsatze die Nase.

Gleichzeitig gehen entsprechende Veränderungen in der Tiefe vor, indem von beiden Seiten eine Scheidewand hereinwächst, die das spätere Gaumendach darstellt, und von oben und hinten nach unten und vorne eine Scheidewand herunterwächst, die den Vomer und die knorpelige Nasenscheidewand darstellt. Jetzt ist noch ein weiter Spalt vorhanden, der die zukünftige Nasenhöhle mit der Mundhöhle verbindet. Dieser Spalt macht, wenn er offen bleibt, den sogenannten Wolfsrachen. Vom Stirnfortsatz wächst, nachdem er das Material zur Nase hergegeben, noch ein Hautlappen herunter, der die beiden Hautlappen zur Vereinigung bringt, die mit der oberen Hälfte des ersten Visceralbogens herüberkommen, und diese drei Stücke bilden mit einander die Oberlippe. Wenn die eine oder die andere der Verbindungen des Mittelstückes mit den Seiten-

stücken oder beide offen bleiben, dann wird dadurch die einfache oder die doppelte Hasenscharte hervorgebracht.

In derselben Zeit nun bildet sich auch der Unterkiefer. Daran nimmt der Hammer einen wesentlichen Antheil. Sie wissen, dass der Hammer einen Fortsatz hat, den man als den langen Fortsatz, Processus Meckelii, Ravii, Folii bezeichnet. Dieser ist frühzeitig entwickelt und sieht von jeder Seite her nach vorn, so dass die beiden Fortsätze des Hammers wie die Branchen einer Zange gegeneinander gewendet sind. Nun lagert sich darauf immer neue Substanz ab, dieselbe tritt nach vorn in Verbindung, und das Ganze, was sich nun gebildet hat, ist die Anlage des Unterkiefers. Nun wächst aber nicht mehr der lange Fortsatz des Hammers, sondern die Zwischensubstanz, die sich zwischen beiden langen Fortsätzen eingelagert hat. Dadurch werden die beiden Hammeranlagen weit von einander getrennt, so dass sie zuletzt in den Trommelhöhlen liegen, und nur noch das Ende des langen Fortsatzes des Hammers in der Fissura Glaseri steckt, durch die hindurch er im Fötus bis zum Unterkiefer reichte und mit demselben verbunden war. Bei denjenigen Wirbelthieren, die nur einen Gehörknochen haben, bei den Vögeln, den nackten und den beschuppten Amphibien, kann man noch ganz gut später die Betheiligung der Anlage des Hammers an der Bildung des Unterkiefers verfolgen. Da wird der Amboss zu einem Knochen, an welchem der Unterkiefer aufgehängt ist, zum Quadratbein, und der Hammer selbst wird zum Gelenkstücke des Unterkiefers, während der übrige Theil des Unterkiefers der Zwischensubstanz entspricht, aus welcher beim Menschen schliesslich der ganze Unterkiefer hervorgeht. Die Visceralspalte, die hier offen war und also ursprünglich bis in die Höhle des Pharynx hineinging, schliesst sich nun auch, aber es bleibt in der Tiefe ein Rest von ihr zurück und dieser ist die Tuba Eustachii.

Der zweite Visceralbogen enthält die Anlage des Steigbügels, des Processus styloideus, des Ligamentum stylohyoideum und der oberen Hörner des Zungenbeins. Aus dem dritten Visceralbogen bilden sich die unteren Hörner des Zungenbeins, und als Verbindungsstück entsteht der Körper desselben. Indem sich so die Visceralbögen metamorphosiren und die Visceralspalten schliessen, vereinigt sich das Hautsystem nach vorn (unten) und die ganze Region des Halses ist gebildet. In analoger Weise schliesst sich die Wand des Thorax über dem Herzen und schon früher die Bauchhöhle, indem sich die ursprünglich seitlich gewendeten Flanken des Embryo, die sich frühzeitig nach abwärts krümmten, nach unten vereinigen. Auf diese Weise ist der Embryo nach unten vollständig abgeschlossen.

Im Anfange des zweiten Monats zeigt sich beim Menschen schon die erste Spur der Arme und Beine. Nahe der Mitte des Embryo, etwas vor derselben, wachsen zwei zungenförmige Fortsätze heraus, die von hinten (oben) nach vorn (unten) gerichtet sind — das ist die Anlage der oberen Extremitäten — und am unteren Ende des Embryo wachsen ähnliche zwei Fortsätze aus, das ist die Anlage der unteren Extremitäten. Diese Anlagen verlängern sich und gliedern sich zunächst in drei Stücke, welche bei den oberen Extremitäten, Oberarm, Vorderarm und Hand, bei den unteren Oberschenkel, Unterschenkel und Fuss sind. Dann gliedert sich das untere Stück, welches der Hand, beziehungsweise dem Fusse

entspricht, weiter, indem man Finger und Zehen äusserlich durch Furchen abgetheilt sieht und zugleich im Innern die Theilung in Handwurzel, Mittelhand und Finger, beziehungsweise in Fusswurzel, Mittelfuss und Zehen eintritt.

In dieser Zeit beginnt auch die Entwickelung der äusseren Genitalien. Es bildet sich in der fünften Woche beim Menschen in der Gegend, wo später das Perinaeum ist, eine Längsfurche. Diese wird immer tiefer und durchbricht die Substanz des Embryo, so dass hier eine Communication mit der Darmhöhle entsteht, welche also auch eine Communication mit dem Stiele der Allantois herstellt. Während im Uebrigen die Allantois beim Menschen aufgehört hat als Blase zu existiren, ist derjenige Theil, welchen die Flanken des Embryo mit in dessen Leibeshöhle eingeschlossen haben, wie bereits erwähnt wurde, offen geblieben, er hat seine Höhle behalten, und dieser Hohlkörper ist die Harnblase, und das obere Ende, das zum Nabel hingeht, ist der Urachus. Es entsteht hier also eine Oeffnung, welche sowohl mit dem Mastdarm als mit der Harnblase communicirt.

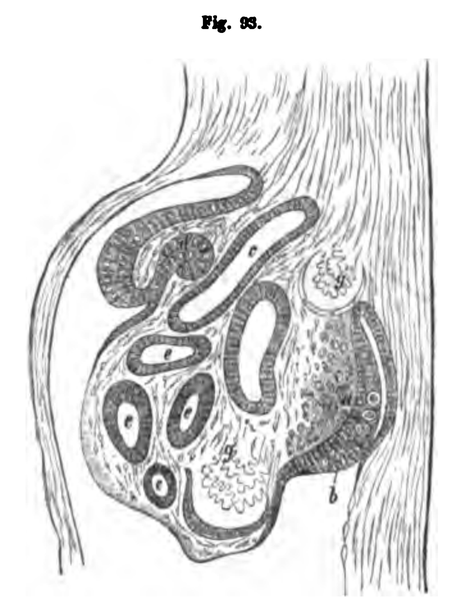
Im vorderen Theile dieses Spaltes bilden sich jederseits zwei Hervorragungen. Diese verwachsen beim Manne vollständig mit einander und bilden den Penis. Beim Weibe dagegen verwachsen sie nur an ihrem oberen Ende, an ihrem unteren bleiben sie getrennt. Die obere Partie wird zur Clitoris, die untere getrennte Partie sind die kleinen Schamlippen oder Nymphen. Nach unten und hinten von diesen Wülsten wachsen ein Paar neue heraus. Diese schliessen sich beim Manne, indem sie sich von beiden Seiten her mit einander vereinigen und den Hodensack bilden; beim Weibe vereinigen sie sich nicht miteinander, sondern wachsen zu beiden Seiten der früher beschriebenen Wülste nach aufwärts, und später, erst in der letzten Zeit der Entwickelung des Fötus, gegen das Ende der Schwangerschaft, überwachsen sie die kleinen Schamlippen vollständig, so dass sie jetzt die äussere Schamspalte bilden. Diese zwei Wülste werden also beim Weibe zu den äusseren Schamlippen. Es entsprechen sich also, was die äusseren Geschlechtstheile anlangt, Penis einerseits und Clitoris mit den kleinen Schamlippen andererseits, Hodensack beim Manne entspricht den grossen Schamlippen beim Weibe. Indessen hat sich wiederum eine Substanzbrücke gebildet, durch welche der hintere Theil des ursprünglichen Spaltes vom vorderen Theile desselben getrennt ist. Diese Substanzbrücke ist der Damm, das Perinaeum. Die Trennung geht auch in die Tiefe hinein, und es sind auf diese Weise Harn- und Geschlechtsöffnung vollständig gesondert von der Oeffnung zur Ausführung der Fäces. Beim Weibe ist ein eigener Kanal gebildet, der zu den inneren Genitalien hinführt, die Scheide.

Entwickelung der inneren Geschlechtstheile.

Wir können jetzt zu der Entwickelung der inneren Genitalien übergehen. Diese steht im nahen Zusammenhange mit der Entwickelung des uropoëtischen Systems. Wir haben gesehen, dass sich schon in sehr früher Zeit beim Embryo die Primordialniere anlegt. Wir haben schon in den Fig. 85 und 86 die Entwickelung ihres Ausführungsganges ver-

folgt. An diesem entstehen Blinddärmchen, welche wahre Harnkanäle sind, ähnlich den Harnkanälen der bleibenden Nieren. Sie sondern die Harnbestandtheile des Embryo ab, bis die bleibenden Nieren da sind. Wir haben in Fig. 93 einen Durchschnitt mit durchschnittenen Harnkanälen *(e e)* und Glomerulis *(g g)*. Diese Urnieren, die nach ihrem Entdecker Caspar Friedrich Wolff, den Namen der Wolff'schen Körper erhielten, liegen zu beiden Seiten des Embryo und reichen in der frühesten Zeit bis in den Kopftheil des Embryo hinauf. Später aber wächst der Embryo weiter und die Wolff'schen Körper wachsen nicht in gleichem Grade mit. Die Folge davon ist, dass sie im Embryo immer weniger weit hinaufreichen, und zuletzt in einem gewissen Stadium der Entwicklung als ein Paar verhältnissmässig kurze Organe unten im Becken liegen. Zu dieser Zeit entwickelt sich nun an und über ihnen ein neues Gebilde, die bleibende Niere. Die bleibenden Nieren setzen sich mit der Wurzel der Allantois durch ein Paar Ausführungsgänge, die späteren Ureteren, in Verbindung. Am Kopfende derselben entstehen verhältnissmässig früh ein Paar ihnen kappenartig aufgesetzte Gebilde. Diese sind die Anlagen der Nebennieren, der Capsulae suprarenales. Die Nieren wachsen immer weiter und weiter, während der Wolff'sche Körper in seiner Entwickelung zurückbleibt und eine Metamorphose erleidet. Es verdickt sich an einer Seite des Wolff'schen Körpers das Epithel, es entsteht hier ein Hügel, der sogenannte Eierstockhügel (Fig. 93 *a* und *b*) aus diesem Keimepithel entwickeln sich die Schläuche, aus denen die Eier entstehen, kurz, es entwickelt sich an und auf dem Wolff'schen Körper eine neue Drüse, die Geschlechtsdrüse. In derselben Weise entwickelt sich beim Manne der Hoden, nur dass hier aus dem Keimepithel das Epithel der Samenkanälchen gebildet wird. Der Wolff'sche Körper geht dabei nicht ganz zu Grunde, sondern ein Theil seiner Substanz wird beim Manne zur Bildung des Nebenhodens, beim Weibe zur Bildung des Parovariums verwendet. Der Ausführungsgang des Wolff'schen Körpers geht beim Manne auch nicht zu Grunde, sondern wird in das Vas deferens umgewandelt. Beim Weibe gehen die Ausführungsgänge des Wolff'schen Körpers zu Grunde, nur bei einigen Thieren bleiben Reste davon als sogenannte Gartner'sche Gänge. Es hat sich bei beiden Geschlechtern neben dem Ausführungsgange (Fig. 94 *a*) noch ein Faden gebildet, der sich in ein hohles, blindendigendes Gebilde *(b b)* umwandelt.

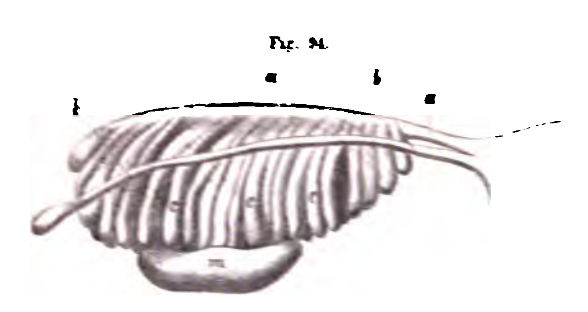
Fig. 93.



a Eierstockhügel.
b Epithel desselben.
c Ausführungsgang des Wolff'schen Körpers.
e Durchschnittene Kanäle des Wolff'schen Körpers.
g Glomeruli desselben.

In Fig. 93*d* ist die erste Anlage dieses Fadens nach Waldeyer im Querschnitt dargestellt. Man sieht ihn in Form einer Volute links neben dem Querschnitte des Ausführungsganges (c) des Wolff'schen Körpers. Der Faden ist von J. Müller entdeckt worden und heisst nach ihm der Müller'sche Faden. Er wird zur Tuba. Er öffnet sich nicht ganz an seinem blinden Ende, sondern etwas vor demselben und bildet so den Trichter der Tuba. Das blinde Ende bleibt stehen als sogenannte Endhydatide der Tuba. Dieses blinde Ende ist auch beim Manne, wo der übrige Faden zu Grunde geht, als sogenannte Morgagnische Hydatide zu finden. Wenn wir also die inneren Geschlechtstheile beim Manne und beim Weibe vergleichen, so haben wir als vergleichbare Dinge: Eierstock und Hoden, Nebeneierstock und Nebenhoden. Nicht vergleichbar aber sind Tuba und Vas deferens, denn das Vas deferens entsteht aus dem Ausführungsgange des Wolff'schen Körpers, die Tuba aus dem Müller'schen Faden. Vergleichbar sind wieder die Endhydatide der Tuba und die Morgagnische Hydatide am Hoden. Welchem Gebilde entspricht nun der Uterus? Man hat in früheren Zeiten den Uterus mit den Samenblasen verglichen. Dieser Vergleich ist aber durchaus unhaltbar. Der Uterus entsteht an der Vereinigung der Müller'schen Fäden, die ja die Tuben darstellen. Er kann beim Manne nur mit der Prostata und der Vesicula prostatica verglichen werden, die nach dem Ausdrucke E. H. Weber's bei einigen Thieren, wo sie stark entwickelt ist, einen förmlichen Uterus masculinus darstellt.

Fig. 94.



eee ist die aus Röhrchen bestehende Masse des Wolff'schen Körpers. m die Anlage der Geschlechtsdrüse, die sich entweder zum Hoden oder zum Eierstock entwickelt.

Fig. 94 nach Kobelt.

Descensus testiculorum.

Der Hode liegt ursprünglich ebenso wie der Eierstock in der Bauchhöhle; er ist vom Peritoneum überzogen. Er soll aber in den Hodensack hineingelangen. Er muss also seinen Weg durch den Leistenkanal nehmen. Diese Ortsveränderung ist der sogenannte Descensus testiculorum. In der Mitte des Fötallebens beginnt der Hode nach abwärts zu rücken, im siebenten Monate gelangt er an den Eingang des Leistenkanals, um im achten durch den hindurchzudrängen und sich im neunten bis in den Hodensack hinabzusenken. Es ist bekannt, dass er bei diesem Descensus eine Reihe von Hüllen bekommt. Zunächst die Tunica vaginalis propria, die sich vom Peritoneum ableitet und ja nichts Anderes ist, als das Peritoneum, welches über den Hoden zurückgeschlagen ist und sich über demselben geschlossen und abgeschnürt hat. Zweitens die Tunica vaginalis communis funiculi spermatici et testis, die eine

ausgesackte und verlängerte Partie der Fascia transversa ist. Endlich der M. cremaster, der sich in derselben Weise vom M. obliquus internus abdominis ableitet. Es fragt sich: Auf welche Weise und durch welche Kraft erfolgt das Herabsteigen des Hodens? Vom Hoden selbst lässt sich, wenn er noch in der Bauchhöhle liegt, ein faseriger Strang verfolgen, erst bis zum äusseren Leistenringe und dann ein Theil desselben noch bis in den Grund des Hodensackes. Man stellt es nun wohl so dar, als ob dieser Strang, den man mit dem Namen des Hunter'schen Leitbandes, Gubernaculum Hunteri, bezeichnet, durch seine stete Verkürzung den Hoden nach sich zöge und auf diese Weise den Hoden erst in den Leistenkanal hinein und dann endlich in den Hodensack hinabzöge. Auf diese Weise würde der Hode das sein, was zuvörderst bewegt wird, und er würde die Umhüllungen mitnehmen, indem er das Peritonaeum nach sich zieht und die Fascia transversa und die Fasern des Musc. obliquus abdominis internus vor sich hertreibt. Wenn man jedoch den Vorgang beim Schweine verfolgt, so muss man dadurch zu einer ganz andern Ansicht geführt werden. Hier sind die Dinge weit deutlicher und klarer auseinandergelegt als beim Menschen. Hier sieht man, wenn der Hode noch ganz oben im Leistenkanale ist, einen Beutel, der vom Peritonaeum gebildet wird und von den späteren Hüllen des Hodens bereits umgeben ist, in den Hodensack hinabragen. Dieser Beutel führt den Namen des Processus vaginalis peritonaei. Dieser kann kaum durch eine andere Kraft hinabgetrieben worden sein, als durch den Druck der Flüssigkeit in der Bauchhöhle. Er ist gewiss durch kein Gubernaculum Hunteri hinabgezogen worden, denn er liegt ganz frei im Hodensacke, so dass man ihn, wenn man den Hodensack öffnet, mit Leichtigkeit aus demselben herausheben kann. Er ist von einem succulenten Bindegewebe umgeben. Dieses verliert hinterher einen grossen Theil seiner Flüssigkeit und zieht sich dadurch auf ein geringeres Volumen zusammen, wodurch die Höhle des Processus vaginalis peritonaei noch tiefer in den Hodensack hinabgezogen, und so der Raum, den der Hode nachher einnimmt, frei gemacht wird. Diese Umwandlung succulenten Bindegewebes in weniger succulentes kommt überall im Embryo vor, indem das embryonale Bindegewebe eine viel mehr succulente Beschaffenheit, eine gelatinöse Consistenz hat, ganz verschieden von dem fertigen Bindegewebe. Es gleicht der Warthon'schen Sulze des Nabelstranges, dem Schleimgewebe von Virchow. Es ist ganz klar, dass beim Schweine dem Hoden erst der Raum im Hodensack und der freie Weg dahin durch den Processus vaginalis peritonaei gemacht wird, und dass er allmälig in diesen bereits gemachten Raum hineinrückt und seine Hüllen schon vorfindet. Man kann nur noch fragen: Was zieht ihn in diesen Raum hinab? Dies kann nicht das Gubernaculum allein sein, denn es würde in dem häutigen nachgiebigen Hodensack, in den der Hode doch schliesslich hinabgelangen soll, keinen festen Punkt finden. Man muss sich denken, dass die Gefässe und Nerven des Hodens und der über ihm liegende Theil des Peritonaeums sich verlängern und ihm zur Bewegung nach abwärts Raum geben, dass dagegen die Wand des Processus vaginalis peritonaei sich nicht in gleichem Maasse ausdehnt, dann wird, da der Wasserdruck das Peritonaeum unten im Hodensack festhält, dasselbe beim weiteren Wachsen des Fötus wie über eine flüssige Rolle herübergezogen, bis

schliesslich der Hode in den Hodensack gelangt ist. Man w... auch beim Menschen der Processus vaginalis peritonaei dem H... ausgeht, nur nicht so weit wie beim Schweine; ja es wird an... dass die erste Spur desselben schon zu Anfang des dritten Sch... schaftsmonates sichtbar sei. Es kann somit kaum zweifelhaft se... auch beim Menschen die Mechanik des Descensus testiculi dies...

Entwickelung des chylopoëtischen Systems.

Wir haben gesehen, dass das Baer'sche Schleimblatt oder da... Keimblatt von dem inneren Theile der Reichert'schen Membran... media, von der Darmfaserplatte Remak's, überwachsen wird (Fig. ... und 95). Zwischen die Darmfaserplatte und das Baer'sche Sch... schieben sich neue Zellen (Fig. 96) ein, welche mit den Zellen ... Urwirbelanlage ausmachen, übereinstimmen, und die nach der ... von Schenk auch von dieser Urwirbelanlage abstammen. Aus der ... faserplatte geht nach Schenk nur das Epithelium des Peritonae... zuges des Darmes und des Mesenteriums hervor. Aus dem Schlei...

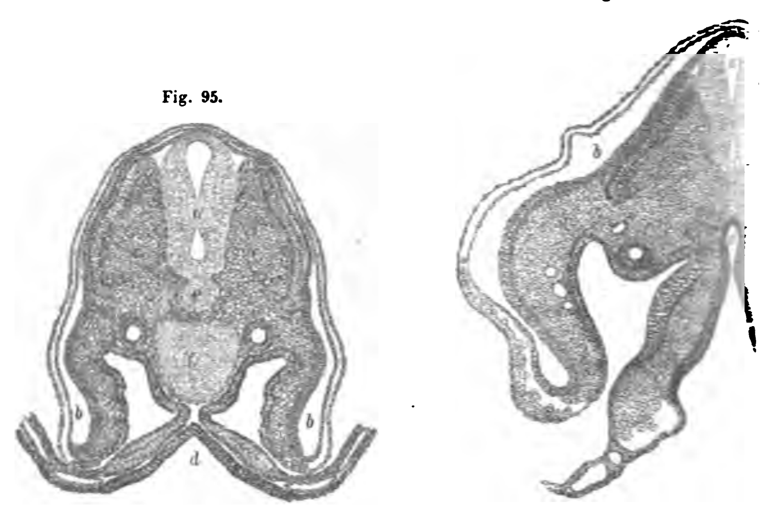


Fig. 95. Fig. 96.

geht das Epithel des Darmkanals und das Enchym der Drüsen, w... in der Wand des Darmkanals liegen, hervor. Aus den neuen Z... die sich zwischen beide eingeschoben haben, geht nun die übrig... des Darmes hervor, also die Muskeln, das Bindegewebe und die G... Die so gebildete Wand schliesst sich nun, wie wir früher gesehen ... nach unten, sie schnürt den Embryo vom Dotter ab, so dass ... noch durch einen Gang mit demselben in Verbindung steht, und ... Gang ist der Ductus omphalomeseraïcus seu omphaloëntericus (F... und 81 *o*).

Der Darm, der nun mit dem Embryo in die Länge wäch... dessen Höhle auf diese Weise gebildet wurde, ist ursprünglich ...

und liegt der Länge nach in der Mitte vor der Wirbelsäule. Dann bekommt er aber in der Mitte eine Ausbiegung nach vorn und über derselben eine leichte Erweiterung unterhalb der Schlundgegend. Die Erweiterung ist die Anlage des Magens: er liegt anfangs mit der Cardia nach oben, mit dem Pylorus nach unten, mit der grossen Curvatur nach hinten und mit der kleinen nach vorn. Er schliesst sich jetzt noch an den Schlund an, weil keine eigentliche Anlage für den Oesophagus vorhanden ist, oder wenigstens nur eine sehr kurze, indem die ganze Brusthöhle noch nicht gebildet ist, und somit auch der Raum für den Oesophagus, die Strecke, die er später durchmisst, noch nicht gegeben ist. Aus der vorerwähnten Ausbiegung des mittleren Theiles des Darms wird eine Schlinge, indem der Darm vom Magen erst nach abwärts steigt, dann sich nach rechts, dann wieder nach aufwärts wendet, einen queren Bogen beschreibt und an der linken Seite wieder herabsteigt. Aus dem ersten absteigenden Theile wird der Dünndarm, der quere Bogen mit seinem aufsteigenden und absteigenden Theile ist das Colon, das weiter absteigende Endstück bildet später die Flexura sigmoidea und das Rectum. Unterdessen geht am Magen eine Veränderung vor, die darin besteht, dass sich die grosse Curvatur nach links, und die kleine nach rechts wendet, und mit ihr der Pylorus und das oberste Stück des Darms, so dass das Hufeisen des Duodenums gebildet wird. Das Darmstück zwischen diesem und dem Colon ascendens wächst nun sehr stark in die Länge, und dadurch entstehen die vielfachen Windungen des Jejunum und Ileum, die bei ihrer grossen Gesammtlänge doch sämmtlich in einer verhältnissmässig kurzen Strecke an die Rückwand der Bauchhöhle angeheftet sind, so dass ihr Mesenterium an der Wurzel platt, an seiner Insertion an den Darm, den Windungen desselben entsprechend, vielfach gefaltet ist.

Nach vorn vom unteren Ende des Magens und oberen des Dünndarms entwickelt sich die Leber und zwar zuerst median: indem aber der Magen nach links geschoben wird, wird das Hufeisen des Duodenums und mit ihm die Leber nach rechts herübergeschoben, so dass die Hauptmasse der Leber im rechten Hypochondrium liegt. Mehr nach hinten entwickelt sich eine andere Anlage von Zellen, in welche das Schleimblatt hineinwuchert, und sie mit einer Auskleidung versieht. Das ist das Pankreas.

Entwickelung des Peritonaeums.

Es fragt sich nun: Auf welche Weise entwickelt sich das Peritonaeum und wie bekommen diese verschiedenen Theile ihren Peritonaealüberzug? Leber und Magen liegen ursprünglich hinter einander und sind beide von beiden Seiten vom Peritonaeum überzogen. Es existirt also eine Brücke desselben von der Abdominalwand zur Leber: diese ist das spätere Ligamentum suspensorium hepatis und weiter nach oben, nachdem das Zwerchfell entwickelt ist, das Kranzband mit dem Ligamentum triangulare dextrum und sinistrum. Es existirt ferner eine Brücke zwischen der Leber und der nach vorn gewendeten kleinen Curvatur des Magens, und diese ist das spätere kleine Netz. Es existirt eine Brücke von der grossen Curvatur des Magens zur Rückwand der Leibeshöhle, und diese ist das Mesogastrium. Nun denken Sie sich, dass Sie

die Hand auf die rechte Seite des Magens hinlegen, und dass Sie die grosse Curvatur des Magens, das ist die hintere, nach links hin drücken, so können Sie dies nur thun, indem Sie das Mesogastrium nach links drücken. Die Ausdrücke „rechts“ und „links“ haben Sie auf das Object, nicht auf sich selbst zu beziehen. Denken Sie sich, Sie dehnten das Mesogastrium in einen Sack aus und liessen denselben vor den Windungen des Darmes herabhängen, so ist dies der Saccus Winslowii, der Sack des grossen Netzes. Sie sind aber mit Ihrer Hand an der rechten Seite des kleinen Netzes gewesen, dieses wird also, nachdem Sie den Magen nach links geschoben, vor Ihrer Hand liegen. Wenn Sie unter der Gallenblase, schräg nach oben und hinter das kleine Netz mit dem Finger hinaufgehen, so kommen Sie in eine Oeffnung, in das Foramen Winslowii, und von dieser gelangen Sie in den Saccus Winslowii, dessen Platten beim Neugebornen noch nicht mit einander verwachsen sind, so dass man ihn vom Foramen Winslowii aus noch in seiner ganzen Ausdehnung aufblasen kann. Später verwachsen die vordere und die hintere Wand mehr oder weniger vollständig mit einander und das grosse Netz stellt nun eine einzige zusammenhängende Platte dar.

Wir begegnen aber noch einer auffallenden Erscheinung, der Verwachsung des grossen Netzes mit dem Mesocolon transversum. Wie kommt diese zu Stande? Sie haben gesehen, dass die Darmschlinge, aus welcher das Colon transversum hervorging, relativ heraufgerückt ist. Mit ihr rückte auch ihr Mesenterium hinauf. Dieses hat also seinen Ansatz an einer verhältnissmässig hohen Stelle. So ist es an einen Ort gelangt, an dem es in unmittelbare Berührung kommt mit der hinteren Wand des vor ihm herabsteigenden grossen Netzes, und mit ihm verwächst. Diese Verwachsung ist schon vollendet zur Zeit der Geburt, wenn die vordere und hintere Wand des grossen Netzes noch nicht mit einander verwachsen sind, wenn der Saccus Winslowii noch wegsam ist.

Entwickelung der Milz und der Lymphdrüsen des Mesenteriums.

Die Milz entwickelt sich im Mesogastrium und wird deshalb auch mit dem Mesogastrium nach links hin verschoben. Ihr Peritonaealüberzug ist kein anderer als derjenige, welchen sie von Haus aus von den Platten des Mesogastriums bekommen hat, zwischen denen sie sich entwickelt. In derselben Weise, in der sich die Milz im Mesogastrium entwickelt, entwickeln sich die Lymphdrüsen im Mesenterium.

Entwickelung der Lungen.

Schon ziemlich früh, indessen erst, wenn die Leber bereits eine gewisse Ausbildung erlangt hat, und die Visceralbögen angelegt sind, kündigt sich die Entwickelung der Lungen an, zuerst dadurch, dass sich die Wand des Vorderdarmes nach rechts und nach links verdickt. Diese Verdickung geht von der mittleren Schichte derselben aus. An den verdickten Stellen entstehen Gruben, in die sich das Schleimblatt hineinsenkt. Indem die verdickten Stellen stärker herauswachsen und nun schon kleine Anhänge des Vorderdarmes bilden, trennt sich das Ganze

mehr und mehr von demselben, so dass nur noch eine mediane Oeffnung bleibt, die in die beiden Anhänge hineinführt; das ist die Stimmritze. Die Anhänge wachsen, die Höhlen oder Gänge in ihnen verzweigen sich baumförmig; so entstehen Bronchien und Infundibula. Das Letzte, was sich bildet, sind die Lungenbläschen.

Entwickelung des Herzens und der Arterien.

Wir gehen nun über zur Entwickelung des Herzens und der grossen Gefässe. Wir haben gesehen, dass ursprünglich im Embryo zwei Aorten vorhanden waren. Diese Aorten gingen aus einem länglichen Schlauche, dem Herzen, hervor, welcher sich nach oben zu in zwei Aeste spaltete, und sie liefen zu beiden Seiten vor der Wirbelsäule herunter. Sie gaben beim Vogelembryo an der Seite zwei Arterien ab, welche in den Dottersack übergingen und die Arteriae omphalomeseraïcae darstellten. Beim Menschen gingen erst seitlich eine Reihe von kleinen Gefässen ab, die aber dann verödeten bis auf zwei, und das waren die Arteriae omphalomeseraïcae. Das Blut, das aus dem Fruchthofe zurückkam, floss in grossen Venen zurück, welche sich wiederum in zwei Hauptvenen sammelten, die sich dann vereinigten und das Blut in das untere Ende des Herzens zurückbrachten. Es war dies die erste Circulationsperiode, die Circulation durch die Nabelblase. Noch während derselben beginnen aber gewisse Veränderungen, welche sich sowohl auf das Herz und die Arterien, als auch auf die Venen beziehen. Das Herz bleibt nicht gerade, sondern wird zunächst eine Schlinge, welche aus dem Leibe des Embryo nach vorn (Fig. 80 und 81 *c*, Fig. 92 *c*) herausragt. Aus dieser Schlinge geht nun nicht mehr ein Aortenbogen jederseits hervor, sondern es entwickelt sich zu dem ersten Aortenbogen ein zweiter und dann ein dritter. Es sind dies die drei Aortenbögen, von denen wir schon früher gesprochen, die als die Grundlage für die drei Visceralbögen dienen. Im Herzen bilden sich nun zwei Einschnürungen, zwischen welchen der am meisten hervorragende Theil liegt. Er communicirt mit dem rückwärtigen Theile der Schlinge, aus dem der ursprünglich einfache Vorhof wird, durch eine Enge, den Canalis auricularis, und durch eine andere Enge, das Fretum Halleri, mit dem arteriellen Theile der Schlinge, aus dem der Bulbus arteriosus hervorgeht, der sich dann in die Aorten theilt. Die beiden Aorten bleiben nicht ihrer ganzen Länge nach doppelt, sondern sie verbinden sich in der Mitte mit einander, so dass eine einfache Aorta abdominalis entsteht, die vor der Wirbelsäule heruntergeht und jederseits von den drei Aortenbögen gespeist wird. Unten spaltet sie sich wieder in zwei Arterien, in die Arterien der Allantois, in die Umbilicalarterien. Es kann auf den ersten Anblick unmöglich erscheinen, dass sich zwei Arterien, in denen Blut circulirt, an einander legen und sich mit einander vereinigen. Man muss sich dies aber nicht so vorstellen, als ob die beiden Arterien sich aufthäten und dann ein gemeinsames Rinnsal bildeten. Sie legen sich an einander und werden an einer Stelle mit einander verlöthet. An dieser Stelle entsteht eine Communication in ähnlicher Weise, wie eine solche lochartige Communication zwischen der Aorta dextra und sinistra des Frosches existirt.

Jetzt ist also ein Stück da, das ihnen gemeinsam ist. Dieses Stück wächst nun fortwährend, so dass dadurch die getrennten Partien immer weiter von einander entfernt werden, dass ein langer Stamm entsteht, der oben von den Aortenbögen gebildet wird und sich unten in die Umbilicalarterien theilt. Diese unteren Endäste bleiben aber die Umbilicalarterien nicht immer. Wenn sich die unteren Extremitäten des Embryo gebildet haben, so muss natürlich auch zu ihnen eine grosse Menge Blutes gebracht werden: ebenso zu den sich entwickelnden Beckenorganen. Zuerst gehen verhältnissmässig kleine Gefässe hin, die von diesen unteren Endästen abgehen; nachher aber verlangen sie eine verhältnissmässig grosse Menge Blutes, so dass die Aeste für das Becken und die unteren Extremitäten als die Endäste der Aorta erscheinen. Es sind dies die Arteriae iliacae communes.

Am oberen Ende des Arteriensystems bilden sich ausser diesen drei Aortenbögen nach Baer's Beobachtungen noch ein vierter und ein fünfter jederseits. Dafür fangen aber die oberen jetzt zu schwinden an, so dass zur Zeit nur drei vorhanden sind. Das, was von den oberen übrig bleibt, wird jederseits verwendet zur Carotis. Aus dem dritten von oben wird jederseits die Subclavia, der vierte von oben schwindet auf der rechten Seite, auf der linken Seite wird er in den bleibenden Arcus aortae umgewandelt, die fünften und untersten jeder Seite geben die beiden Hauptäste der Arteria pulmonalis und der linke ausserdem den Ductus arteriosus Botalli her. Der Stamm der Arteria pulmonalis wird nach Rokitansky gebildet, indem im Bulbus arteriosus ein Septum entsteht, und so dieser ursprünglich einfache Stamm in zwei Stämme getrennt wird, von denen der eine der Arteria pulmonalis, der andere der Aorta angehört.

Zu dieser Zeit wird auch das Herz getrennt, und zwar bildet sich zuerst im Ventrikel eine Furche von vorn nach hinten. Diese Furche gleicht sich bei den meisten Thieren später wieder aus, aber bei einigen Säugethieren, wie beim Dügong (Halicore), prägt sie sich noch stärker aus, so dass das Herz durch einen tiefen Einschnitt äusserlich schon in zwei Ventrikel getheilt ist. So wie sich diese Furche bildet, wächst parallel mit ihr im Innern die Herzscheidewand, anfangs als sichelförmige Leiste mit nach oben gerichteter Concavität. Die schliesslich noch bleibende Lücke wird zum Ostium aorticum verwendet: und diese theilt den Ventrikel in zwei Abtheilungen. Etwa gleichzeitig wächst eine Scheidewand im Vorhof von oben nach unten. Sie beginnt nach Rokitansky, dessen Untersuchungen wir hier folgen, an der linken Seite der Circumferenz des einmündenden Körpervenenstammes. Es ist dies das Septum atriorum. Es wächst hinab bis an das ursprünglich einfache Ostium atrioventriculare, das somit in ein rechtes und ein linkes getheilt wird. Hier vereinigt sich nun das Septum ventriculorum mit dem Septum atriorum. Ehe diese Vereinigung sich vollendet, wird nach Lindes und nach Rokitansky das Septum atriorum in bedeutender Ausdehnung netzförmig durchbrochen. Dieser Durchbruch ist zugleich die Anlage des Foramen ovale. Die Valvula foraminis ovalis ist eine spätere Bildung. Das sind mit der Bildung der Arterien für das sich entwickelnde chylopoëtische System die Hauptveränderungen, welche im Arteriensysteme vor sich gehen. Ich muss nur noch hinzufügen, dass

eine der beiden Arteriae omphalomeseraïcae obliterirt, so dass später nur eine vorhanden ist, und dass diese eine es ist, welche dem Darmkanal die ersten Gefässe abgibt, so dass sich ihr Stamm, wenn die Circulation durch die Nabelblase aufhört, als der Stamm einer Arteria meseraïca seu mesenterialis darstellt.

Entwickelung der Venen.

In der ersten Circulationsperiode, in der noch keine Allantois existirt, und die ernährende Circulation noch durch die Nabelblase geht, da fliesst im Embryo noch verhältnissmässig wenig Blut. Die ersten grösseren Venen, die sich ausbilden, sind die sogenannten Cardinalvenen von Rathke. Für jede Hälfte des Körpers existirt eine obere und eine untere Cardinalvene. Jederseits münden die obere und die untere Cardinalvene zusammen in einen kurzen horizontal verlaufenden Stamm. Diese beiden Stämme, die so entstehen, sind die Ductus Cuvieri, welche zusammen in das venöse Ende des Herzens einmünden. Zugeführt wird dem Embryo das Blut durch die Vena omphalomeseraïca, die allein noch übrig ist von den beiden Venae omphalomeseraïcae, indem die andere zu Grunde gegangen ist. Bei der weiteren Entwickelung des Embryo geht die Vena omphalomeseraïca eine Verbindung mit der Leber ein. Sowie sich die Leber entwickelt, vertheilt sich die Vena omphalomeseraïca in ihr und bildet auf diese Weise ein primitives Pfortadersystem. Zu gleicher Zeit aber entwickelt sich der Darmkanal, und es kommt also auch Blut von demselben und zwar durch eine Vene, welche als Vena meseraïca zu benennen ist. Diese Vene mündet in die Vena omphalomeseraïca ein, und durch diese geht ihr Blut zur Leber. Nun wächst aber der Darmkanal immer weiter, und die Nabelblase bleibt im Wachsthum zurück und atrophirt endlich, so dass, während ursprünglich die Vena meseraïca als ein kleiner Ast der Vena omphalomeseraïca erschien, jetzt umgekehrt die Vena omphalomeseraïca einen kleinen Ast der Vena meseraïca darstellt, und der Stamm dieser Vena meseraïca, der in die Leber hineingeht, ist nichts anderes als die Pfortader, der grosse Venenstamm, der das Blut des chylopoëtischen Systems in die Leber hineinführt. Von den beiden Nabelvenen schwindet auch die eine, und die andere geht gleichfalls eine Verbindung mit der Leber ein, so dass eine kurze Zeit lang die Leber mehr Blut von der Nabelvene, als von der Vena omphalomeseraïca erhält. Das ist aber ein vorübergehender Zustand. Es entwickelt sich mit den unteren Extremitäten und den Beckenorganen zugleich eine grosse Vene vor der Wirbelsäule, und diese ist die Vena cava ascendens. Von der Vena umbilicalis bildet sich nun eine Anastomose zur Vena cava ascendens, welche hinter der Leber weggeht, und diese Anastomose ist der Ductus venosus Arantii. Auf diese Weise wird das Blut der Nabelvene wieder von der Leber abgelenkt und derjenige Zustand hergestellt, der sich später zur Zeit der Geburt vorfindet. Die ganze weitere Entwickelung des Venensystems der unteren Körperhälfte beruht nun auf der Entwickelung des Systems der unteren Hohlvene, in welche die Venen der unteren Extremitäten, der Geschlechtstheile, der Nieren u. s. w. einmünden, in der Weise, wie wir es noch zur Zeit der Geburt finden.

Was wird nun aus den Cardinalvenen? Die oberen geh
in die äusseren Jugularvenen über, während die inneren Jug
eine spätere Bildung sind. Zu dieser Zeit aber tritt das Herz
wärts. Sie entsinnen sich, dass es in der ersten Zeit des embr
Lebens ganz hoch am Halse lag, dass es aber mit der Bildung de
vierten, fünften Aortenbogens, die sich nach einander unter de
und zweiten bildeten, immer weiter nach abwärts rückte. Mi
Lageveränderung ist es verbunden, dass die Ductus Cuvieri, di
horizontal verliefen, jetzt mit einander einen nach oben offenen
machen, schräg nach abwärts gerichtet sind. Die beiden, vo
und oben nach innen und unten verlaufenden Gefässe sind die
oberen Hohlvenen. Die obere Hohlvene ist von Hause aus dopp
denjenigen Amphibien, bei denen dieser Zustand persistirt, be
man diese Venen nicht mit dem Namen der oberen Hohlvenen,
mit dem Namen der Subclavien. Geht man aber auf die Entwick
geschichte zurück, so muss man diese beiden Subclavien, die a
Ductus Cuvieri entstanden sind, als die oberen Hohlvenen ansehe
ihnen persistirt beim Säugethiere und Menschen nur die rech
bildet sich nämlich eine Anastomose von der linken oberen Ho
zur rechten, und der Stamm der linken oberen Hohlvene obliterir
den unteren Cardinalvenen ist nun rechterseits die Vena azygo
linkerseits die Vena hemiazygos entstanden. Dass rechts eine A
und links eine Hemiazygos entsteht, hängt damit zusammen, da
Stamm der linken oberen Hohlvene, der linke Ductus Cuvieri zu
geht, und nur der rechte persistirt. Auf diese Weise stellt si
Zustand her, welchen man als den Zustand der zweiten Circulationsp
bezeichnet, und der bis zur Geburt dauert.

Der schwangere Uterus.

Während der Zeit der Gestation wächst, wie Sie wissen, der U
bedeutend an Masse und zwar kommt diese Massenzunahme we
her von der Vermehrung der Muskelfasern, der Blutgefässe un
Blutes in den letzteren. Anfangs überwiegt die Dickenzunahme
die Ausdehnung des Uterus. Später aber bleibt diese Massenzu
hinter der Ausdehnung zurück, so dass sich dann die Wandunge
Uterus verdünnen. Nach Braxton Hicks soll der Uterus vom d
Monate an leichte periodische Zusammenziehungen machen, welche
bis fünf Minuten anhalten, und die man durch die aufgelegte H
fühlen kann. Er legt auf diese Contractionen einen grossen Wert
auf ein diagnostisches Hülfsmittel um eine normale Schwangerschaf
einer extrauterinen oder von einer Geschwulst zu unterscheiden. W
die Zeit der Gestation zu Ende geht, so vermindert sich die Meng
Fruchtwassers etwas. Es verdünnt sich zuletzt die Cervicalportion
Uterus, und es bereitet sich auf diese Weise der Act der Entbindung

Die Geburt.

Wir wollen nur die mechanischen Grundsätze kennen lernen,
denen das Kind aus dem Uterus ausgetrieben wird, da die Einzelh

ausführlich in der Geburtshilfe gelehrt werden. Es wird durch die Zusammenziehungen des Uterus ausgetrieben, aber so, dass der Uterus zunächst nicht auf das Kind selbst, sondern auf das Fruchtwasser drückt, das ist auf den Liquor Amnii. Dies ist von wesentlicher Bedeutung nicht allein für die Sicherheit und die Erhaltung des Kindes, sondern namentlich für die Erweiterung des Muttermundes, indem nach einem bekannten physikalischen Gesetze der Druck in einer Flüssigkeit nach allen Richtungen sich mit gleicher Stärke fortpflanzt, und deshalb die Blase, das heisst der Theil der Eihäute, der in das Orificium uteri hineingetrieben wird, viel mehr geeignet ist, das Orificium uteri zu erweitern, als irgend ein Kindestheil, der in denselben hineingedrängt werden könnte. Der alte Anatom und Geburtshelfer Röderer sagte schon, die Blase erweitere den Muttermund wie ein Cuneus aquosus, wie ein aus Wasser gebildeter Keil.

Es ist eine bekannte Thatsache, dass, wenn die Blase einmal gesprungen ist, in der Regel die Geburt rascher vorwärts geht. Deshalb kam man einmal auf die Idee, die Geburt dadurch zu beschleunigen, dass man die Eihäute frühzeitig zerriss, die Blase sprengte. Der Erfolg war aber durchaus das Gegentheil von dem, was man erwartete. Die Geburt ging sehr langsam vorwärts, und man war häufig genöthigt, schliesslich die Zange anzuwenden und das Kind aus dem Uterus herauszuholen. Das lag daran, dass hier die Eihäute zu einer Zeit gesprengt waren, wo der vordringende Kopf des Kindes sich noch nicht in das eröffnete Os uteri hineindrängen konnte, weil dasselbe noch nicht hinreichend erweitert war. Normalerweise ist der Vorgang folgender. Es erweitert die Blase den Muttermund so weit, dass der Kopf in denselben sich hineindrängen kann, und wenn dies geschehen ist, dann übt der Kopf mit dem nachdrängenden Körper des Kindes auf den Theil des Fruchtwassers, welcher auf diese Weise in der Blase, das heisst in dem in den Muttermund hineinragenden Theil der Eihäute, durch den Kopf gleichsam wie durch einen Stöpsel abgetrennt wird, einen Druck aus, der in der Regel hinreicht, um die Blase zu sprengen. Nun ist die Oeffnung, das Orificium uteri externum, so erweitert, dass der Kopf selbst sich durchdrängen kann. Es werden auch heute noch Blasen zersprengt, aber nur dann, wenn sie so ausserordentlich zähe und widerstandsfähig sind, dass sie selbst in dieser Periode noch nicht zerreissen; aber diese Periode wird jetzt mit vollem Rechte von den Geburtshelfern allgemein abgewartet.

Nachdem das Kind aus dem Uterus herausgetrieben ist, kann sich derselbe auf einen viel kleineren Raum zusammenziehen. Damit hängt zweierlei zusammen. Erstens die Loslösung der Placenta, die schon durch trophische Vorgänge in der letzten Zeit der Schwangerschaft vorbereitet ist, und die jetzt erfolgt. Zweitens hängt aber damit zusammen die Compression der Lumina der Gefässe, die bei der Ablösung der Placenta zerreissen. Denn obgleich hier Gefässe von der Dicke eines Federkiels zerreissen, so tritt doch in gewöhnlichen Fällen keine das Leben irgendwie gefährdende Blutung ein, weil eben die Zusammenziehung des Uterus die Lumina der Gefässe, die durchrissen sind, verschliesst. Das ist auch der Grund, weshalb gefährliche Blutungen eintreten, wenn sich die Placenta zu einer Zeit loslöst, zu welcher das Kind sich noch im

Uterus befindet, wo also der Uterus sich nicht zusammenzieht.
Auch wenn nach der Geburt des Kindes heftige Blutungen
und die Placenta noch im Uterus zurückgeblieben ist, löst man
befördert sie vollständig heraus, damit der Uterus sich auf ein
kleines Volumen zusammenziehen und auf diese Weise die durch
Gefässlumina verschliessen könne.

Das Kind nach der Geburt.

Welches sind nun die Veränderungen, die mit dem Kinde
bar nach der Geburt vor sich gehen, welches sind die Ursachen des
Athemzuges, und welches sind die Ursachen der Veränderungen
Circulation? Der erste Athemzug hat zunächst seinen Grund
venösen Beschaffenheit des Blutes. Sobald das Kind einmal
Uterus heraus ist, auch wenn es noch mit der Nabelschnur in
dung ist, wird sein Blut nicht mehr in der früheren Weise
Placentarblut sauerstoffhaltig gemacht, weil der Uterus sich
zieht und deshalb die Circulation durch die Placenta nicht mehr
früheren Weise vor sich geht. Es ist schon erwähnt worden,
dieses Venöswerden des Blutes nach der Rosenthal'schen Theorie
Ursache des ersten Athemzuges ansehen muss, und dass dies
Bestätigung darin findet, dass Kinder, bei denen im Mutter
Nabelschnur comprimirt wird, Inspirationsbewegungen machen, bei
sie das Fruchtwasser aspiriren. Ein Anregungsmittel für den
Athemzug liegt auch offenbar in der Berührung der Haut mit
mosphärischen Luft und in dem Temperaturwechsel, dem das K
gesetzt ist. Es ist bekannt, dass Erwachsene, und noch mehr
wenn sie in ein kaltes Bad hineinsteigen, häufig zu einer heftig
spirationsbewegung reflectorisch angeregt werden. Es ist ebenso
dass es bei asphyktisch geborenen Kindern zu den wirksamsten W
belebungsmitteln gehört, dass man sie in ein warmes Bad hinein
sie dann aus demselben heraushebt, ihnen aus einem Schwamme
Wasser auf die Brust herunterfliessen lässt, und diese Operation
mals wiederholt.

Mit dem Beginne des ersten Athemzuges hängt aber nun
änderung in der Circulation aufs innigste zusammen. Bis jetzt
Lunge luftleer und auf einen kleinen Raum zurückgedrängt,
Rückseite des Thorax zu beiden Seiten des Herzens gelegen.
aber der Thorax ausgedehnt wird, so tritt Luft in die Lunge ein.
Luft tritt nur deshalb in die Lunge ein, weil im Thorax ein
Druck entsteht, das heisst, weil der Druck unter den der Atm
sinkt. Aus demselben Grunde aber, aus welchem in die Luftwege
Lunge von aussen her die atmosphärische Luft eingesaugt wird, aus
selben Grunde muss auch in die Blutgefässe der Lunge das B
gesaugt werden, und zwar dasjenige Blut, das aus dem rechten
hervorgeht und das bisher durch den Ductus arteriosus Botalli
Aorta hineinging. Wenn man bedenkt, dass die Aorta schon
dem linken Ventrikel bekommt, dass also in derselben ein beträchtlicher
Druck herrscht, so ist es klar, dass für das Blut, das aus dem r
Ventrikel kommt, nun nicht mehr der Weg durch den Ductus arteriosus

Botalli der Weg des geringsten Widerstandes ist, sondern dass es derjenige sein muss, der in die Lungenschlagadern führt. Da nun Flüssigkeiten unter allen Umständen den Weg des kleinsten Widerstandes gehen, so ist es auch ganz klar, dass das Blut aus dem rechten Ventrikel nicht mehr durch den Ductus arteriosus Botalli, sondern in die Pulmonalarterie hineingehen wird. Zugleich entsteht offenbar in der Muskulatur des Ductus arteriosus, wahrscheinlich auf reflectorischem Wege angeregt, eine Zusammenziehung, so dass er sein Lumen immer mehr und endlich bis auf ein Verschwinden desselben verengert. Dadurch wird die spätere Obliteration des Ductus arteriosus Botalli eingeleitet, die wahrscheinlich in ähnlicher Weise, wie die Obliteration eines jeden Gefässes erfolgt, durch welches das Blut nicht mehr hindurchcirculirt. Sie wissen, dass, wenn man ein Gefäss unterbindet, dieses sich nicht allein an der Unterbindungsstelle schliesst, sondern, dass es obliterirt so weit der Thrombus in dem Gefässe hinaufreicht, so weit eben keine Circulation durch das Gefäss mehr stattfindet.

Eine ähnliche Contraction findet offenbar in den Nabelarterien statt. Es zeigt sich dies in dem gänzlichen Aufhören der Circulation durch den Nabelstrang. Wenn man das Kind zwischen die Schenkel der Mutter legt, während die Placenta noch im Uterus ist, und man fühlt von Zeit zu Zeit die Nabelschnur an, so wird man bemerken, dass sie schwächer und schwächer klopft und endlich zu klopfen aufhört. Wenn man sie jetzt durchschneidet, so spritzt nicht etwa das Blut heraus, sondern es fliessen nur wenige Tropfen Blutes heraus, und man kann sie mit aller Musse unterbinden. Ja man kann sie sogar in der Mehrzahl der Fälle ununterbunden lassen, ohne dass das Kind sich verblutet. Es ist das ein Experiment, das nicht einmal, sondern oftmals und öfter gemacht worden ist, als es gut war. Unter einem Theile der Geburtshelfer hatte sich einmal die Vorstellung gebildet, dass die Unterbindung der Nabelschnur allerhand Nachkrankheiten zur Folge habe. Sie sei etwas Unnatürliches, denn das Vieh unterbinde die Nabelschnur nicht, sondern beisse sie nur durch. Es wurde also thatsächlich in einer Reihe von Fällen die Nabelschnur nicht unterbunden, sondern man wartete, bis sie aufgehört hatte, zu klopfen und dann durchschnitt man sie. In der Mehrzahl der Fälle trat hiebei durchaus keine irgendwie nennenswerthe Blutung ein, dann aber passirten einige Unglücksfälle, es hatte sich eben die Muskulatur der Nabelschnur noch nicht hinreichend zusammengezogen, oder die Zusammenziehung hatte nicht angehalten, es verbluteten sich ein paar Kinder, und seitdem wurde die Nabelschnur nach wie vor unterbunden. Die Contraction ist in ihren Folgen auch noch an Leichen junger Kinder nachweisbar. Das Blutgerinnsel in der Arterie ist fadenförmig verdünnt oder vollständig unterbrochen. Nur ausnahmsweise setzt es sich mit weniger verringertem Querschnitt vom intraabdominellen Theile des Gefässes in dem Nabelstrang fort. Wir haben schon, als wir vom Bau der Arterien im allgemeinen sprachen, gesehen, wie die Nabelarterien durch ihren Bau mehr als andere Schlagadern für den Selbstverschluss geeignet sind. Namentlich sind es der Mangel der elastischen Intima und die nach innen von den Ringfasern liegenden Längsfasern, die ihnen hierbei zu statten kommen. Letztere werden unter dem Druck der Ringfasern einseitig zusammengedrängt, so dass der Querschnitt des

Lumens erst halbmond- dann neumondförmig wird und endlich als lineares Bogenstück gänzlich verschwindet. Strawinski hat diesen Vorgang durch Untersuchungen an Leichen klargelegt und durch Abbildungen erläutert.

Auf diese Weise ist derjenige Zustand hergestellt, wie er dem Extrauterinleben gemäss ist, und hat auch die Circulation diejenige Gestalt angenommen, welche von nun an bleibt. Das Foramen ovale schliesst sich theils, theils bleibt es lange Zeit, oft das ganze Leben hindurch offen, ohne dass dadurch nothwendig bedeutende Störungen in der Circulation eintreten, weil eben das Blut aus den beiden Vorhöfen doch immer mit Leichtigkeit gegen den Ort des kleinsten Widerstandes, gegen den entsprechenden Ventrikel zu fällt.

Entwickelung der Gewebe (Histogenesis).

Die Horngebilde.

Die Oberhaut.

Wir machen den Anfang mit den Horngebilden, mit den Producten des Hornblattes. Aus dem Hornblatte geht zunächst die Oberhaut hervor. Diese besteht, wie Sie wissen, aus Zellen, die in ihrer untersten Schichte höher sind als breit, auf die dann mehrere Lagen von polyedrischen Zellen und nach oben zu mehr abgeplattete Zellen folgen, die dann endlich so weit abgeplattet sind, dass sie dünne Lamellen darstellen, dicht an einander kleben, und die Kerne undeutlich werden. Das ist dann die eigentliche Hornschicht der Oberhaut, während man die tiefer liegenden succulenten Schichten als Rete mucosum Malpighii bezeichnet. Es ist bekannt, dass sie sich immer aus der Tiefe regenerirt. Einzelne haben sogar in neuerer Zeit angenommen, dass die untersten Zellen der Oberhaut aus dem darunterliegenden Bindegewebe hervorwachsen können. Es scheint das aber nicht so zu sein, es scheint, dass die Horngebilde sich immer nur regeneriren aus Keimen, die ihrer eigenen Art angehören. Es spricht dafür erstens die Entwickelung aller Epidermoidalgebilde aus dem Remak-schen Hornblatte beim Embryo, und zweitens sprechen dafür auch die Versuche, welche in neuerer Zeit mit dem sogenannten Pfropfen oder Oculiren der Epidermis gemacht worden sind. Man war bei Wunden, welche vernarben, immer im Zweifel, ob der Vernarbungsprocess blos erfolgt von den Wundrändern aus, indem von da aus die Zellen des Hornblattes gewissermassen auf die Wundfläche hinüberkriechen, oder dadurch, dass aus der Tiefe Keime für neue Horngebilde nachrücken. Zu dieser letzteren Ansicht gaben die sogenannten Inseln Veranlassung, die mit Epidermis überzogenen Flecke in der Mitte einer grösseren Wundfläche. Es scheint aber doch, dass sie stets, wenn auch schmale, Verbindungen gegen die Epidermis haben, dass es Strassen gibt, wo die Epidermiszellen vom Rande gegen die Mitte vorrücken, und dass sie nur an den Stellen, die wir als Inseln erkennen, eine grössere Ausbreitung gewonnen haben. Diese Ansicht hat eine Stütze erhalten durch die Erfahrung, dass man

den Vernarbungsprocess sehr beschleunigen kann, indem man auf die Mitte der Wundfläche ein ganz dünn abgeschnittenes Stück von Epidermis, an dem sich noch das lebende Rete Malpighii befindet, aufpflanzt: es befestigt sich, und von ihm geht durch Zellenbildung die weitere Vernarbung aus. Die Franzosen bezeichnen ein so aufgepflanztes Epidermisstück als Greffe épidermique, indem sie den Process mit dem Pfropfen oder Oculiren der Bäume vergleichen.

Die Nägel.

Zu den Epidermoidalgebilden gehören auch die Nägel. Man kann, wenn man den Finger einer Leiche in siedendes Wasser steckt, wenn man ihn abbrüht, die ganze Epidermis und mit ihr den Nagel herunternehmen. Das Lösen der Epidermis beim Abbrühen entsteht dadurch, dass man die unteren succulenten Schichten des Rete Malpighii ganz mürbe und zerreisslich macht, so dass die feste Epidermis sich von der unterliegenden gefässreichen Cutis loslöst. Man sieht dann, dass der Nagel nicht auf der Cutis als solcher, sondern auf einer Epidermisschicht aufliegt.

Der Nagel selbst besteht aus Epidermiszellen. Man erkennt das zwar nicht, wenn man einfach Durchschnitte macht und sie unter das Mikroskop legt: man sieht es aber wohl, wenn man diese Durchschnitte vorher in kohlensaurem Natron oder Kali macerirt hat. Dann quellen die verhornten Zellen wieder auf, und es zeigt sich aufs deutlichste die Zusammensetzung des ganzen Nagels aus Epidermiszellen. Der Nagel ist eingelassen in eine Epidermisfalte, in den sogenannten Nagelfalz, und wenn man diesen zurückschiebt, oft auch schon, ohne dass man dies thut, sieht man eine halbmondförmige weissliche Stelle. Diese Stelle ist die sogenannte Lunula, die Stelle, an der die neuen Nagelzellen entstehen, und von der aus der Nagel wächst. Der Nagel hat kein interstitielles Wachsthum, er wächst durch Apposition an seinem hinteren Ende. Wenn man zwei Feilstriche in den Nagel macht und deren Entfernung von Zeit zu Zeit misst, so findet man, dass sie immer dieselbe bleibt, dass aber beide Feilstriche immer nach vorn rücken. Der Nagel muss deshalb auf dem Nagelbette fortrutschen, und das thut er auch. Er hat dabei in der Structur des Nagelbettes eine eigenthümliche Leitung und Führung, indem das Nagelbett der Länge nach gerifft ist, so dass hiedurch dem Nagel bei seinem Vorrücken immer eine bestimmte Richtung vorgeschrieben ist. Diese Riffe erstrecken sich auch auf die darunterliegende Cutis, und in dieselben gehen Capillargefässe hinein. Indem der Nagel nun auf dem Nagelbette fortrutscht, bringt er von den Epidermiszellen, die zunächst unter ihm liegen (denn er selbst ist ja von der Cutis durch eine Lage von Epidermiszellen getrennt,) eine Portion mit nach vorn. In der Regel gehen diese beim Waschen und Reinigen mit fort, so dass man nichts von ihnen bemerkt, aber an Spitalsleichen hat man nicht selten Gelegenheit, zu sehen, dass sich bedeutende Massen unter den Fussnägeln angesammelt haben, die, wenn man sie näher untersucht, sich als aus lauter Epidermiszellen bestehend erweisen.

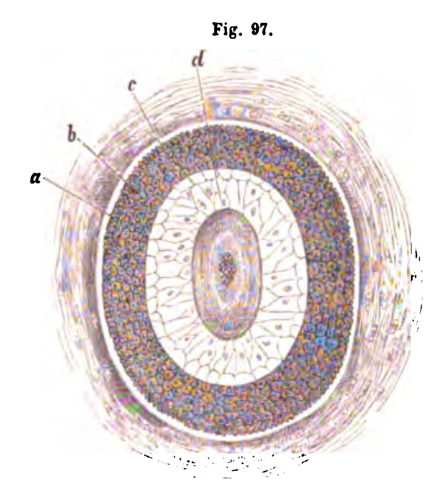
Wir kürzen bekanntlich unsere Nägel, wir schneiden sie ab. Wenn sie nicht gekürzt werden, so erlangen sie eine bedeutende Länge und

wachsen zu einer förmlichen Kralle aus. In Berlin befinden sich auf dem anatomischen Museum ein Paar Finger von einem malayischen Häuptlinge, die von Schönlein an das Museum geschenkt worden sind. An diesen sind diese Krallen zu sehen. Die Malayenhäuptlinge, um zu zeigen, dass sie nicht zu arbeiten brauchen, lassen ihre Nägel wachsen und schützen sie sogar durch Futterale. Die Nägel sind in doppelter Weise gekrümmt, erstens im Querdurchmesser, wie man dies ja auch, wenn auch schwächer, an jedem geschnittenen Nagel sieht, und zweitens im Längs-Durchmesser nach abwärts. Sie stellen also umgekehrte, nach dem Lauf gekrümmte Rinnen dar.

Die Haare.

Das Haar besteht aus dreierlei Substanzen. Am Haarschaft unterscheidet man erstens eine äusserliche Schicht von dünnen, plattenartigen Zellen, die mit ihren Rändern dachziegelförmig übereinander liegen und die Cuticula des Haares bilden. Wenn man das Haar mit Schwefelsäure betupft, so löst sich diese Cuticula in Lappen von der Oberfläche des Haares ab. Darunter liegt die Substantia propria. Sie besteht aus Zellen, die nach beiden Enden spitz zulaufen, aus Spindeln, welche sich gegen einander abgeplattet haben und dadurch kantig geworden sind. Sie bilden bei weitem die Hauptmasse des ganzen Haares. Nur in der Mitte liegt noch die sogenannte Marksubstanz. Diese besteht aus unregelmässig gestalteten Zellen, welche von der Haarzwiebel aus, dem untersten, verdickten Theile des Haares, den wir bald besprechen werden, nach oben vorgeschoben worden sind. Das Mark des Haares geht aber keineswegs immer continuirlich durch das ganze Haar hindurch, sondern es lässt nicht selten bedeutende Lücken zwischen sich, so dass es nur stellenweise und mit Unterbrechungen im Innern des Haares abgelagert ist, und fehlt in vielen Fällen ganz. Nach unten zu verdickt sich das Haar und geht in die Haarzwiebel über. Diese steckt mit einem Theile des Haares im Haarbalge und ist auf der Haarpapille, der Papilla pili, befestigt.

Fig. 97.



Der Haarbalg ist als eine Ausstülpung der Cutis in das subcutane Bindegewebe zu betrachten. Manchmal ragen auch, wie bei den Barthaaren am Kinn, die Wurzeln der Haare bis zwischen die einzelnen Muskelbündel hinein. Diese bindegewebige Ausstülpung geht nach unten in das subcutane Bindegewebe über, und Dr. Wertheim hat darauf aufmerksam gemacht, dass immer zu dem Grunde des Haarbalges ein eigener Bindegewebsstrang, wie ein Stiel, hingeht. Auf die bindegewebige Schicht des Haarbalges, in der zugleich die Gefässe desselben enthalten sind,

folgt nach innen zu eine eigenthümliche Faserschicht. Die Fasern sind der Quere nach ringförmig angeordnet und haben sehr stark verlängerte Kerne, ähnlich lange Kerne, wie sie die glatten Muskelfasern besitzen. Man kennt aber an diesen Fasern bis jetzt keine Contractionserscheinungen. Auf diese Ringfaserschicht des Haarbalges folgt die sogenannte Glashaut, eine dünne Haut, an der man keine eigentliche Structur erkennen kann, an der man nur mehrfach in spitzen Winkeln sich durchkreuzende quere Linien sieht. Ein Querschnitt durch den Haarbalg (Fig. 97) zeigt dieselbe in *a*. Diese Glashaut grenzt den eigentlichen Haarbalg gegen die sogenannten Wurzelscheiden des Haares ab. Wurzelscheiden des Haares gibt es zwei, eine äussere und eine innere. Die äussere (Fig. 97 *b*) Wurzelscheide ist eine directe Fortsetzung des Rete Malpighii und besteht aus denselben succulenten Zellen wie dieses. Die Entwickelung und die Bedeutung der inneren Wurzelscheide werden wir später noch kennen lernen. Ich will jetzt nur darauf aufmerksam machen, dass die innere Wurzelscheide den Raum zwischen der äusseren Wurzelscheide und dem Haare ausfüllt, und dass sie aus zwei Schichten besteht, einer äusseren Schicht (Fig. 97 *c*) von länglichen, durchsichtigen, kernlosen Zellen, welche gewöhnlich so an einandergefügt sind, dass sie Spalträume zwischen sich lassen: dies ist die Henle'sche Schicht. Darauf folgt nach innen eine Schicht von dickeren, kernhaltigen, aber gleichfalls glasartig durchsichtigen Zellen: das ist die Huxley'sche Schicht (Fig. 97 *d*).

Nach unten ist das Haar, wie gesagt, auf die Papilla pili aufgesetzt, zu welcher ernährende Blutgefässe hingehen. In ihrem oberflächlichen Theile besteht dieselbe ganz aus polyedrischen Zellen, und auf diesen keimen nun die jungen Zellen, welche sich in die Substanz des Haares umwandeln. Die äussersten verwandeln sich in die Cuticula des Haares, dann die Hauptmasse in die Substantia propria desselben: zunächst der Axe aber befindet sich häufig eine Quantität von Zellen, welche nicht spindelförmig auswachsen, sondern unregelmässig gestaltet bleiben, gewissermassen verkümmern, und in der Axe des Haares beim Wachsthum als sogenannte Marksubstanz mit heraufgeschoben werden.

Die verschiedenen Haare unterscheiden sich von einander durch ihre Farbe und durch die Gestalt des Querschnittes. Bei den dunkelpigmentirten Haaren, bei den schwarzen und braunen, ist das ganze Haar gefärbt. Im mikroskopischen Bilde erscheint die Färbung in der Marksubstanz des Haares am dunkelsten, was aber zum Theil, vielleicht gänzlich, von der Aggregation der Zellen herrührt, indem die Substantia propria fester gefügt ist und deshalb das Licht gleichmässiger durchlässt als die Marksubstanz mit den unregelmässigen Zellen und den zum Theil mit Luft gefüllten Räumen zwischen ihnen. Im Alter ergrauen bekanntlich die Haare. Dieses Ergrauen hat in zweierlei Dingen seinen Grund. Zunächst in dem Eintritte von Luft. Wenn die Marksubstanz und die Zellen der Substantia propria durch Eintrocknen an Volum verlieren, so dringt von aussen her durch die Spalträume, die sich immer in der Substantia propria finden, nach und nach immer mehr Luft in das Haar ein, und wegen der starken Reflexion, welche das Licht erleidet, wenn es aus der stark lichtbrechenden Hornsubstanz in die schwach lichtbrechende Luft übergehen soll, erhält das Haar einen silbergrauen Schimmer. Das völlige Weisswerden des Haares beruht dann auch auf dem Schwunde des Pigments. Bei dem

eigenthümlichen Silberglanze des Haares der Greise spielt aber ... Luft, die in das Haar eingetreten ist, eine wesentliche Rolle. ... das Haar der Albinos, der pigmentlosen Individuen, ist, so ... selben jung sind, nicht so vollkommen weiss, nicht so silberglän... das Haar eines Greises, der in seiner Jugend ganz schwarzes Haar ... hat, indem zwar das Haar des Albinos nicht pigmentirt ist, aber ... die Menge Luft in demselben enthalten ist, wie sie sich im H... Greise vorfindet.

Der Querschnitt der Haare ist im allgemeinen elliptisch, ... unterscheiden sich in mehr drehrunde und in mehr platte. ... runder das Haar ist, um so schlichter ist es, weil ein Cylinder ... weniger Neigung hat, sich zu biegen als eine Platte oder ein ... Je platter das Haar ist, um so mehr Neigung hat es sich zu ... und das platteste unter allen Haaren ist das Wollhaar der Neger.

Die Entwickelung des ganzen Haares geht vom Hornblatte aus. ... Hornblatt treibt zuerst kleine Zapfen in die darunterliegende Cutis ... darunterliegende Bindegewebe hinein, oder richtiger gesagt, es bleiben ... in der sich entwickelnden Cutis bestimmte Stellen, wo dieselbe ... der Weise, wie an den übrigen, nach aufwärts wächst, wo also ... indem das Bindegewebe ja in Contact bleibt mit dem Hornblatte, ... förmige Fortsätze vom Hornblatte in die Tiefe hineingezogen werden ... in die Tiefe hineinwachsen können. Diese zapfenförmigen Fortsätze ... aus denselben Zellen bestehen, wie das ganze Hornblatt, sind die ... des Haares. Ein solcher Zapfen bekommt nun an seinem unteren ... einen Eindruck und dabei eine mehr birnförmige Gestalt. In diesem ... drucke, den er unten bekommt, liegt die sich entwickelnde Papille. ... Zugleich metamorphosirt sich ein Theil der Zellen in der Weise, ... sie sich nicht mehr polyedrisch gegen einander abplatten, sondern ... sie spindelförmig auswachsen, sich aber so an einander drücken, ... kantig werden und sich zu einer festeren Substanz, zur Substantia ... des Haares, vereinigen. Nach aussen davon bildet sich eine Schicht ... platten Zellen, die Cuticula, und nach aussen von dieser metamorph... sich Zellen zu der nachherigen Henle'schen und Huxley'schen S... Die nachherige äussere Wurzelscheide behält ihre frühere Beschaffenheit, indem ihre Zellen mit denen des Rete Malpighii übereinstimmen. ... Metamorphose bezieht sich auf den kegelförmigen Raum, der sich ... mehr in die Länge auszieht, und dessen äussere Grenze die innere W... scheide ist, die Sie sich anfangs als oben geschlossen denken m... In ihr liegt schon das junge Haar, das sich immer mehr verl... indem von der Papilla pili aus immer neue Zellen nachwachsen ... so den gebildeten jungen Haarschaft immer weiter nach oben sch... Er löst sich dabei in seinem oberen Theile von seiner Umgebung ... und fängt an sich an seiner Spitze umzubiegen. Zu dieser Zeit ... ist das ganze Gebilde mehr an die Oberfläche gerückt: an der O... fläche reiben sich die Epidermiszellen ab, stossen sich ab, und so ... am Ende die Spitze des Haares frei, steckt nun aus dem Haar... heraus und kann frei weiter wachsen. Deshalb begrenzt sich auf... Halse des jungen Haarschaftes die innere Wurzelscheide, die von d... selben durchbrochen worden ist, während sich die äussere Wur... scheide direct in das Rete Malpighii der benachbarten Epidermis f...

setzt. Während sich das Haar entwickelt, entwickeln sich noch ein paar seitliche Zapfen, die sich gleichfalls mit Zellen des Hornblattes anfüllen, ganz in derselben Weise, indem eben eine bestimmte Stelle des Bindegewebes nicht weiter wächst, und dadurch Raum gegeben wird für das Hineinwuchern einer Quantität von Zellen des Hornblattes. Diese Zellen, die den ganzen Zapfen ausfüllen, bis sich später ein Ausführungsgang in demselben gebildet hat, sind nichts Anderes als das Enchym der Talgdrüsen, die Secretionszellen derselben. Die äussere Partie des Haarbalgs aber mit dem M. arrector pili, der sich an denselben ansetzt und dann zur Cutis hingeht, sind Bildungen, die aus dem mittleren Keimblatte hervorgehen.

Die ersten Haare, welche das Kind mit auf die Welt bringt, die Flaumhaare, fallen aus und werden durch neue ersetzt. Beim Haarwechsel lockert sich die Verbindung zwischen der Papilla pili und dem Haare, indem die Keimschicht abstirbt. Das Haar lockert sich im Haarbalge und fällt aus. Gleichzeitig entwickelt sich in demselben Haarbalge ein neuer Keim, aus welchem ganz in derselben Weise, wie früher, ein neues Haar hervorgeht und in dem alten Haarbalge fortwächst.

Der Knorpel.

Stellen im Embryo, an denen sich Knorpel entwickelt, zeichnen sich auf mikroskopischen Schnitten von ihrer Umgebung zunächst dadurch aus, dass sie lichter, durchsichtiger werden. Dabei rücken die einzelnen Embryonalzellen von einander, und es lagert sich zwischen ihnen eine Zwischensubstanz ab, die aber selbst Product der Zellen ist, die durch Metamorphose der eigenen Substanz der Zellen entstanden ist. Dies ist die sogenannte hyaline Zwischensubstanz des Knorpels, nach welcher der gewöhnliche Knorpel „hyaliner Knorpel“ genannt wird. Knorpel, bei denen sie in sehr geringer Menge vorhanden ist, so dass der ganze Knorpel im Durchschnitte, wenn Sie sich die Zellen aus demselben herausgefallen denken, wie ein Netz erscheinen würde, hat man auch Netzknorpel genannt. Als Netzknorpel im eigentlichen Sinne pflegt man indessen eine bestimmte Art sehr biegsamen gelblichen Knorpels zu bezeichnen, wie er z. B. in der Ohrmuschel des Menschen vorkommt. Hier ist die Zwischensubstanz mit zahlreichen und dünnen elastischen Fasern derartig durchzogen, dass dieselben ein dichtes Netzwerk bilden. Noch bestimmter bezeichnet man diesen Knorpel als Netzfaserknorpel, auch nennt man ihn wohl gelben oder elastischen Knorpel. Bisweilen entwickelt sich im hyalinen Knorpel die Zwischensubstanz so stark, dass die ursprünglichen Knorpelzellen ganz vereinzelt in ihr gefunden werden, so dass, wenn man einen Schnitt von solchem Knorpel unter dem Mikroskope bei starker Vergrösserung ansieht, man oft nur zwei oder drei Knorpelzellen im Sehfelde hat. Solcher Knorpel kommt aber im menschlichen Körper nicht vor, er kommt namentlich bei den Fischen vor.

Die hyaline Zwischensubstanz des Knorpels kann wiederum verschiedene secundäre Veränderungen erleiden, sie kann körnig werden oder streifig, faserig, so dass es aussieht, als ob sie aus Fasern zusammengewebt wäre. Das aber, was wir gewöhnlich Faserknorpel nennen, ist nicht davon faserig, dass die hyaline Grundsubstanz zerfasert wäre; der

sogenannte Faserknorpel ist Bindegewebe, beziehungsweise fibröses Gewebe, in welches Knorpelzellen einzeln oder in Nestern eingesprengt sind.

Das Bindegewebe.

Ueber die Entwickelung des gemeinen Bindegewebes und des fibrösen Gewebes ist ein langer Streit geführt worden, indem die Einen die Bindegewebsfasern aus Zellen hervorgehen lassen, die Andern aber nur die Bindegewebskörperchen von Zellen ableiten, die Fasern dagegen aus einer Zwischensubstanz, welche sich secundär zwischen diesen Zellen bilden soll. Ich kann dieser letzteren Ansicht nicht beitreten. Ich bin der Ansicht, dass sich die Bindegewebsfasern sämmtlich aus Zellen entwickelt haben, von den Zellen gebildet, gesponnen worden sind. Wenn man die frühesten Stadien des Bindegewebes untersucht, so findet man, dass die ursprünglich nackten embryonalen Zellen amöbenartig Fortsätze treiben, Fortsätze ausstrecken, dass diese Fortsätze aber nicht mehr zurückgezogen werden, sondern dass sie eine eigenthümliche Metamorphose erleiden und in immer feinere Fäden auswachsen, so dass vielfach verzweigte, in sehr fein verzweigte Endfäden nach verschiedenen Seiten auslaufende Fasern entstehen. Aus solchen Zellen besteht in der frühesten Zeit das ganze embryonale Bindegewebe. In späterer Zeit aber findet man sie nur vereinzelt; nur ausnahmsweise, z. B. im Stroma der Chorioidea, setzen sie noch ganze Gewebe zusammen.

Zwischen diesen Bindegewebszellen soll sich nun eine Zwischensubstanz bilden, aus der sollen die Bindegewebsfasern hervorgehen, während aus den Zellen nur die Bindegewebskörperchen entstehen sollen. Diese Zwischensubstanz ist aber eine wässerige Flüssigkeit, die später resorbirt wird, und von der nichts übrig bleibt, als vielleicht die Kittsubstanz Rollet's, durch welche die einzelnen Bindegewebsfasern mit einander verbunden sind. Das Bindegewebe hat zu dieser Zeit eine gallertartige Consistenz nach Art der Wharton'schen Sulze des Nabelstranges und es gehört in diesem Stadium dem Virchow'schen Schleimgewebe an. Es ist gesagt worden, dass das Virchow'sche Schleimgewebe nur da angetroffen werde, wo sich später der Panniculus adiposus bildet. Da wird es noch in einem späteren Stadium angetroffen, in einem früheren Stadium wird es aber als Anlage von allem gemeinen Bindegewebe angetroffen. Ueberall da, wo sich später das gemeine faserige Bindegewebe bildet, findet sich vor demselben eine Substanz, die aus verzweigten Zellen und einer Quantität von Flüssigkeit besteht, die zwischen ihnen ist, wenn sie auch nicht überall den Grad von Succulenz, wie die Wharton'sche Sulze, erreicht. In einem späteren Stadium wird sie immer ärmer an Flüssigkeit, und dabei strecken die nun sich neu bildenden Zellen ihre Fortsätze nicht mehr nach allen Seiten, sondern wesentlich nach zwei Richtungen aus, wobei gewöhnlich die Fortsätze der einen Seite viel länger werden, als die der andern. Hiedurch entstehen eben die langen Fasern, die wir später als Bindegewebsfasern kennen. Strittig sind dabei nachfolgende Punkte: Erstens, ob immer aus einer solchen Zelle nach einer Seite hin mehrere Fasern auswachsen, oder ob auch eine Zelle so auswachsen kann, dass sie nur eine einzige Bindegewebsfaser bildet;

zweitens, ob diese mehrfachen Fasern dadurch entstehen, dass ein Fortsatz sich verzweigt und nun in seinen einzelnen Aesten weiter wächst, oder umgekehrt ein Fortsatz sich auffasert, sich spaltet und dadurch eine Reihe von Bindegewebsfibrillen neben einander entsteht.

Bei den Untersuchungen, die Dr. Kusnetzoff hier im Laboratorium über die Entwickelung der Cutis angestellt hat, hat es sich gezeigt, dass dieselbe wesentlich unter der Oberfläche, in der der Hornschicht zunächst liegenden Partie, wächst, und daraus erklärt es sich, dass die Zapfen, welche die Haare bilden, durch ein locales Zurückbleiben in die Tiefe gezogen werden, und dass in derselben Weise Zapfen vom Hornblatte in die Tiefe gezogen werden, aus welchen sich das Epithel der Schweissdrüsen bildet. Aehnlich verhält es sich auch mit dem Bindegewebe der Schleimhaut des Darmkanals, so dass hier auch auf ganz einfache und natürliche Weise Vertiefungen entstehen, welche vom Bär'schen Schleimblatte, Remak's Darmdrüsenblatte, das dann schon in das Cylinderepithel des Darmes umgewandelt ist, ausgekleidet sind, und die Anlagen der Drüsen in der Wand des Darmkanals darstellen.

In ähnlicher Weise, wie das gemeine Bindegewebe, bildet sich auch das fibröse Gewebe, dessen Entwickelung von Obersteiner an Sehnen beobachtet worden ist. Da gibt es ein Stadium, wo die ganze Sehne aus lauter Zellen zusammengesetzt ist, die sehr lang auslaufende Fortsätze haben, und diese nach der Länge der Sehne hinlaufenden Fortsätze sind nichts Anderes, als die Fasern des späteren Sehnengewebes. Das, was wir Bindegewebskörperchen und was wir Sehnenkörperchen nennen, sind die Reste der ursprünglichen Zellen. Wenn man sich fragt, wie es denn möglich sei, dass bei der grossen Masse von Fasersubstanz verhältnissmässig nur so wenig Zellen zu finden sind, so gibt es dafür zwei Erklärungsgründe: erstens, es kann ein Theil der Zellen zu Grunde gegangen sein; zweitens muss man aber auch berücksichtigen, dass die Fasern immer weiter wachsen, und deshalb eine Faser, die ursprünglich von einer Zelle ausgegangen, zuletzt eine sehr grosse Länge bekommt, indem sie mit der ganzen Sehne weiter wächst, und ebenso ist es auch im Bindegewebe. Aus diesem Principe erklärt es sich hinreichend, dass, wenn wirklich alle Zellen noch existirten, wir doch verhältnissmässig wenige in der späteren Sehne und im späteren Bindegewebe finden würden; weil eben die Fortsätze so lang gewachsen sind, dass sie an Volum die noch unmetamorphosirten und als solche kenntlichen Zellenreste um ein Vielfaches übertreffen.

Die Knochen.

Wenn man einen Durchschnitt durch einen Knochen macht und einen dünnen Schliff unter das Mikroskop bringt, so fallen an demselben eine Menge mit zahlreichen verzweigten Fortsätzen versehene Gebilde auf. Es sind dies die sogenannten Knochenkörperchen. Man hat eine Zeit lang geglaubt, dass in diesen Knochenkörperchen die Kalksalze enthalten seien, welche eben den Knochen zum Knochen gemacht haben. Man war in diese Voraussetzung durch eine seltsame Täuschung hineingeführt worden. Man untersuchte damals noch vielfältig trockene Knochen-

schliffe: wenn man diese im durchfallenden Lichte betrachtete, so waren die Knochenkörperchen dunkel, schwärzlich, und wenn man sie im auffallenden Lichte betrachtete, war die Zwischensubstanz dunkel, und die Knochenkörperchen erschienen hell, weisslich. Man glaubte, dass dies vom Lichte herrühre, welches von der weissen Kalksubstanz reflectirt würde. Der Grund war aber ein ganz anderer. Diese Knochenkörperchen sind Hohlräume, und zwar sind es die Hohlräume, in welchen die Reste derjenigen Zellen liegen oder lagen, welche den Knochen aufgebaut haben. In trockenen Knochenschliffen waren diese Hohlräume mit Luft gefüllt. Im auffallenden Lichte wurde also an den Stellen, wo sich diese Knochenkörperchen befanden, weil das Licht hier aus einem stark brechenden Medium, aus der Knochensubstanz, in ein schwach brechendes Medium, in Luft, übergehen sollte, viel Licht zurückgeworfen und wegen der höchst unregelmässigen Gestalt der kleinen Höhlen unregelmässig zerstreut. Von diesem Lichte gelangte ein guter Theil in das Mikroskop, während von den übrigen Stellen des Knochenschliffes, da die Oberfläche polirt war, das Licht so reflectirt wurde, dass gar nichts davon ins Mikroskop gelangte. Das war der Grund, warum diese Knochenschliffe im auffallenden Lichte dunkel waren, und die Knochenkörperchen sich als helle Punkte auszeichneten. Im durchfallenden Lichte war das Umgekehrte der Fall. Durch die homogene Zwischensubstanz ging das Licht einfach hindurch, dagegen wurde an den Knochenkörperchen eine grosse Menge desselben reflectirt und nach rückwärts unregelmässig zerstreut. Dieses Licht fehlte an den betreffenden Stellen, und deshalb erschienen die Knochenkörperchen schwärzlich.

Die Knochenkörperchen entsprechen insofern den Bindegewebskörperchen, als in ihnen ursprünglich die Reste der Zellen liegen, welche den Knochen aufgebaut haben. Man sollte eigentlich nicht den Hohlraum, in dem dieser Rest liegt, sondern diesen Rest selbst als das Knochenkörperchen bezeichnen.

Die Knochenkörperchen findet man concentrisch gelagert um Kanäle, deren Querschnitte in Querschnitten langer Knochen, und deren Längsschnitte in Längsschnitten langer Knochen vorherrschen. Diese Kanäle sind die Haversischen Kanäle: sie sind Kanäle, in welchen die Gefässe und die Nerven verlaufen, die durch die Foramina nutritia in die Knochen eindringen.

Der Knochen sollte nach der älteren Vorstellung ganz aus Knorpel hervorgehen. Es war dabei schwer zu begreifen, wie die Textur des Knorpels sich durch einfache Einlagerung von Kalksalzen in die Textur des Knochens umwandeln sollte. Man erfuhr auch bald, dass die Kalksalze nicht in den Knochenkörperchen abgelagert werden, sondern dass sie in der Zwischensubstanz abgelagert werden, und dass der normale dreibasisch phosphorsaure Kalk, welcher mit etwas normaler phosphorsaurer Magnesia, etwas kohlensaurem Kalk und Fluor in noch räthselhafter Verbindung die Verknöcherungsmasse bildet, sich so mit dieser Zwischensubstanz verbindet, dass sie morphologisch, dass sie mittelst des Mikroskopes nicht von einander unterschieden, sondern nur auf chemischem Wege getrennt werden können. Durch chemische Mittel kann man die Kalksalze trennen, einerseits, indem man sie mit Säuren auszieht, so dass man dann die organische Grundlage des Knochens zurückbehält, andererseits, indem man den Knochen mit Alkalien kocht, auf diese Weise die organische

Grundlage nach und nach zerstört und nun ein weisses, erdiges Gerippe des Knochens zurückbehält, die Kalksalze ohne die organische Grundlage des Knochens.

Spätere Untersuchungen haben aber auch gezeigt, dass von dem Skelette des ausgewachsenen Menschen nur ein verschwindend kleiner Bruchtheil noch aus Knochen besteht, der aus Knorpel verknöchert ist, dass aller anderer Knochen durch Verknöcherung einer leimgebenden, einer dem Bindegewebe verwandten Grundlage entstanden ist, und daraus erklärt es sich, dass die organische Grundlage der Knochen, wenn sie zerkocht wird, kein Chondrin, sondern Leim gibt. Die ersten Nachrichten über diesen complicirteren Process der Knochenbildung und des Knochenwachsthums sind, so viel mir bekannt, in Dr. Quain's Anatomie, herausgegeben von Sharpey, enthalten. Er ist dann später von Heinrich Müller und anderen deutschen Anatomen genau und ausführlich verfolgt worden.

Nehmen wir als Beispiel den Entwickelungsgang eines Röhrenknochens, weil von da aus die Bildung der übrigen Knochen leicht zu verstehen ist. Da, wo ein Röhrenknochen entstehen soll, ist zuerst eine kleine längliche, knorpelige Anlage vorhanden, die im Allgemeinen die Gestalt des späteren Knochens hat. In dem mittleren Theile dieser knorpeligen Grundlage lagern sich Kalksalze ab, es entsteht in der Mitte ein Verknöcherungspunkt. Dieser ist die Anlage der späteren Diaphyse. Der Knochen wächst nun weiter an seinen Enden, während die Verknöcherung auch nach beiden Seiten vorrückt, aber nach aussen von dem verknöcherten Stück der Diaphyse bildet sich nun kein Knorpel mehr, sondern dieses Stück ist von dem früheren Perichondrium umschlossen, das jetzt, wo es auf dem Knochen aufliegt, den Namen des Periosts erhält. Zwischen diesem und dem Knochen bilden sich fortwährend junge Zellen, die jungen Zellen des Bindegewebes ganz ähnlich sind, sich aber nicht in faseriges Bindegewebe umbilden, sondern nur spindelförmig oder keilförmig auswachsen und Fortsätze treiben. Zwischen diesen oder richtiger in ihre eigene sich metamorphosirende Substanz lagert sich Knochenerde ab, so dass sie durch sich bildende Knochenmasse in ähnlicher Weise von einander getrennt werden, wie die ursprünglichen Knorpelzellen durch die wachsende Zwischensubstanz des Knorpels immer weiter von einander getrennt wurden. Hiedurch entsteht also eine Knochensubstanz, welche nicht, wie die ursprüngliche aus dem Knorpel verknöcherte, rundliche Hohlräume enthält, in welchen die Zellen liegen, die ursprünglich den Knorpel aufgebaut hatten, sondern es entsteht jetzt eine Knochensubstanz, in welcher spindelförmige, sehr unregelmässig gestaltete Räume enthalten sind, in denen nun die Zellen oder vielmehr die Reste solcher Zellen liegen, wie sie jetzt an dem Aufbau des Knochens arbeiten. Diese Zellen bekommen, wie gesagt, auch Fortsätze, und auf diese Weise entstehen die zahlreichen kleinen hohlen Fortsätze, welche von den Knochenkörperchen ausgehen, und die man früher fälschlich mit dem Namen der Kalkkanälchen der Knochen bezeichnet hat. Es scheint indess, als ob ein grosser Theil dieser hohlen Fortsätze sich erst später entwickelte und vielleicht beruht ihre Bildung auf Corrosion einer schon gebildeten Knochensubstanz. Getrocknete Knochenschliffe zeigen ausserdem Sprünge und Dehiscenzen, die im Leben gar nicht vorhanden sind.

Während auf diese Weise der Knochen in der Diaphyse in die
wächst und an den Enden durch Zunahme der Knorpelmasse in die L
beginnt im Innern desselben ein Schwund. In dem Axentheile dege
die Zellen fettig, ihre Zwischenwände verschwinden, indem die K
derselben resorbirt werden. So bildet sich in der Mitte eine
fettreiche Masse, welche nichts anderes ist als das Mark.

Jetzt aber bilden sich auch an den Enden, erst an dem eine
dann an dem andern Ende, Verknöcherungspunkte, und auf die
sind nun auch die Epiphysen als Knochenstücke angelegt. Indem
Epiphysen in ihren mittleren Theilen verknöchern, bleiben sie
Gelenkfläche knorpelig, und hier wächst neuer Knorpel nach, währe
von innen her weiter verknöchert. Andererseits bleibt eine knor
Zone jederseits zwischen der Epiphyse und der Diaphyse, und hie
es, wo das Hauptlängenwachsthum des Knochens stattfindet. Dieses
so vor sich, dass sich durch Proliferation der vorhandenen Knorpel
immer neue und neue bilden, die sich in Reihen anordnen, die
auswachsen, und von denen die ältesten, diejenigen, welche zunäch
der Diaphyse liegen, in der Weise verknöchern, dass die Kalksalze
in die Theile der Zwischensubstanz vordringen, welche die einzelnen K
zellen zunächst umgeben, und dann sich über die ganze Zwischensub
ausbreiten. Indem sich nun die Markhöhle gebildet und frühzeitig mit
gefässreichen Bindegewebe durchzogen und ausgekleidet hat, dringe
Blutgefässe immer mehr gegen die Grenze zwischen Diaphyse und Ep
vor. Der Resorptionsprocess, der ursprünglich in der Axe eingeleitet
den ist, nimmt eine grössere Ausdehnung an, so dass nach sehr k
Zeit schon die ganze ursprüngliche knorpelige Anlage des Mittel
geschwunden ist, und dass sie ersetzt wurde durch Knochen, der
bereits aus einer leimgebenden Grundlage gebildet hat, durch sogenan
secundären Knochen. Aber dieser Process ist nicht auf die Diaphyse a
beschränkt, auch in der Epiphyse geht ein ähnlicher Process vor
Die Zwischenwände der ursprünglichen Knorpelzellen werden resor
und es entstehen nun darin grössere Höhlen: das sind die Höhle
spongiösen Substanz der Epiphysen. In diese Höhlen zieht sich das bi
gewebige Stroma hinein und mit demselben kommen Zellenkeime, w
den Wänden der Höhlen dieser spongiösen Substanz aufsitzen. D
Zellenkeime wachsen zu denselben Körperchen aus, wie wir sie an
Oberfläche der Diaphyse kennen gelernt haben. Sie bauen auch
secundären Knochen auf, indem primärer Knochen mehr und
verzehrt wird. So substituirt sich nach und nach der secundäre
primären Knochen, indem letzterer nahezu vollständig aufgezehrt w
Nur die letzten Stücke, die unmittelbar unter der knorpeligen Ge
fläche liegen, die sind es, welche noch nach der ursprünglichen Ar
Knorpel verknöchert sind.

Wenn endlich das Längenwachsthum des Knochens beendigt ist
verschwindet die weiche Schicht zwischen Diaphyse und Epiphyse
im Laufe der Zeiten immer dünner geworden ist, zuletzt vollständig
die Epiphyse verwächst knöchern mit der Diaphyse.

Da behauptet worden ist, dass der Knochen nicht nur in der W
wie ich es hier dargestellt habe, wachse, einerseits in die Dicke d
erung von secundärem Knochen, und andererseits in die Länge d

Nachbildung von Knorpelsubstanz an der Oberfläche der Epiphyse und zwischen der Epiphyse und Diaphyse, da Einige dem Knochen noch ausserdem ein sogenanntes interstitielles Wachsthum zuschreiben, so muss ich die Gründe angeben, weshalb ich dieses interstitielle Wachsthum nicht anerkenne.

Es ist erstens schon durch die Versuche von Flourens dargethan worden, dass der Knochen durch Auflagerung neuer Schichten in die Dicke wächst. Man legte zuerst einen Ring um den Knochen eines jungen Thieres und fand, dass dieser Ring vom Knochen überwallt wurde, dass er immer tiefer in die Substanz des Knochens eindrang. Es ist dieser Versuch ursprünglich nicht ganz vorwurfsfrei angestellt worden, da ja ein Ring sich hineinschnüren muss, wenn er den Knochen rings umgibt. Man hat deshalb die Versuche später so angestellt, dass man statt des Ringes kleine Stückchen Platinblech unter die Beinhaut brachte, und diese wurden auch überwallt und gelangten in die Substanz des Knochens hinein. Hatte man das Thier aufwachsen lassen, und tödtete man es erst dann, so fand man das Platinblech in der Markhöhle des Knochens. Es war also klar, dass der Theil, an dem das Platinblech ursprünglich gelegen hatte, vollständig zerstört worden war, und dass dort sich die Markhöhle gebildet hatte. Man hat ferner Thiere während ihres Aufwachsens mit Krapp gefüttert und hat gefunden, dass dabei der phosphorsaure Kalk, der sich in den Knochen ablagert, den Farbstoff mitnimmt, so dass die Knochen roth gefärbt werden. Nun hat man die Thiere eine Weile mit Krapp gefüttert, dann ausgesetzt, sie dann wieder mit Krapp gefüttert u. s. w., und hat dann rothe und farblose Schichten über einander gefunden, was wieder dafür spricht, dass durch die schichtenweise Ablagerung von der Oberfläche her der Knochen wächst.

Das Längenwachsthum des Knochens ist hinreichend erklärt durch die Zunahme an Knorpel, welche einerseits an der freien Oberfläche der Gelenke stattfindet, und andererseits in der Schichte, welche sich auf beiden Seiten zwischen Epiphyse und Diaphyse befindet. Ein Wachsthum des Knochens in der Weise, dass sich der Knochen als solcher ausdehnt, ist nicht denkbar wegen der Consistenz des Knochens. Es ist zwar bekannt, dass anscheinend harte und spröde Körper, wie z. B. das Eis, unter hohem Druck ihre Form wie eine wachsartige Masse verändern können. Das hängt aber mit den eigenthümlichen Eigenschaften des Eises zusammen, die sich beim Knochen nicht wieder finden, und dann finden sich auch beim Knochen die Druckverhältnisse nicht wieder, die eine solche harte Masse zwingen könnten, sich wie eine plastische zu verhalten. Wenn der Knochen noch wächst, nachdem die Epiphyse mit der Diaphyse in Verbindung getreten, wenn er sich dann noch verändert, so kann dies auch nur immer durch Apposition und durch gleichzeitige Zerstörung eines Theiles des vorhandenen Knochens geschehen, gerade so wie eine Stadt sich nicht in ihren einzelnen Häuserreihen ohne Weiteres ausdehnen kann, wie sie sich aber wesentlich dadurch verändern kann, dass aussen Häuser angebaut, und im Innern Häuser eingerissen, und die Strassen erweitert werden: denn der Knochen ist ja selbst eine grosse Stadt, in welcher sich eine grosse Menge von Elementarorganismen massive Häuser gebaut hat. Diese massiven Häuser als solche können sich nicht ausdehnen oder verschieben, aber die Elementarorganismen können einige derselben einreissen und andere dafür anbauen, und das geschieht auch in sehr

grosser Ausdehnung, nicht nur in den Röhrenknochen, sondern auch in allen übrigen. Bis vor wenigen Jahren hat man nur die Arbeiter gekannt, die die neuen Häuser aufbauen, und hat sie mit dem Namen der Osteoblasten bezeichnet. Wir haben sie in dem Vorhergehenden besprochen. In neuerer Zeit hat Kölliker auch die Arbeiter beschrieben, die die Häuser einreissen. Es sind dies grosse Zellen, die er mit dem Namen der Osteoklasten bezeichnet, und die er überall da findet, wo Knochensubstanz zu Grunde geht, so dass er den Resorptionsprocess in wesentlichen Zusammenhang bringt mit der Thätigkeit dieser Zellen.

Die übrigen Knochen bauen sich meistens auch in doppelter Weise auf, wie die Röhrenknochen, die dickeren Knochen, die Knochen der Schädelbasis, der Wirbelkörper u. s. w. in ähnlicher Weise, wie die Epiphyse der Röhrenknochen, so dass erst eine knorpelige Grundlage vorhanden ist, die verknöchert, und dass dann die Zwischenwände schwinden, welche die Zellen in der verknöcherten Substanz trennen, sich grössere Hohlräume bilden, äusserlich Knorpel angelagert wird, der wiederum verknöchert, oder zwischen dem Knochen und dem Periost Zellen entstehen, die secundären Knochen aufbauen. Es wird auch im Innern secundärer Knochen gebildet, indem sich ein bindegewebiges Stroma mit Osteoblasten hineinzieht. Nur die platten Knochen des Hirnschädels haben niemals eine knorpelige Grundlage. Das Scheitelbein, die Schuppe des Hinterhauptbeins, des Schläfenbeins und des Stirnbeins entstehen von vorneherein aus einer bindegewebigen Anlage, übrigens ganz ähnlich, wie der secundäre Knochen, indem sich Zellen bilden, die in ihrer ersten Anlage Bindegewebskeimen ähnlich sehen, die sich aber nicht in Bindegewebe, sondern in Knochensubstanz, in secundäre Knochen umwandeln.

Die Entwickelungsgeschichte des Knochens ist sehr lehrreich in Rücksicht auf Histologie und Histogenesis überhaupt, indem man es hier so recht augenfällig vor sich hat, dass nicht in allen Zeiten die Entwickelung der Dinge auf gleiche Weise vor sich geht, und dass es ganz verkehrt ist, wenn man die Anfänge der Gewebselemente, wie man sie beim Erwachsenen vorfindet, in den ersten Stufen des embryonalen Lebens sucht. Das ist der Irrweg, den man auch beim Knochen gegangen ist, und daher hielt man so fest an der Idee, dass der ganze Knochen aus Knorpel entstehe. Man muss die Entwickelung bestimmter Gewebe immer nur untersuchen wollen, wenn bereits ein Theil dieses selben Gewebes fertig, oder doch in seiner wesentlichen Gestalt ausgeprägt ist: denn zu dieser Zeit erst findet man die Generationen, die sich unmittelbar in das in Frage stehende Gewebe umwandeln, findet man die Keime, aus denen unmittelbar ähnliche Gewebstheile hervorgehen. In den früheren Stadien findet man allerdings an derselben Stelle auch Keime, aus denen aber möglicher Weise niemals das wird, was wir hier später antreffen, sondern deren entwickelte Gestalten durch spätere, anders aussehende Generationen verdrängt und ersetzt werden; oder es ändert sich später der Modus der Entwickelung, und es treten neue Generationen auf, neben denen die alten zwar fortexistiren, aber denen gegenüber sie so sehr in der Minderzahl sind, dass sie jetzt nicht mehr die wesentliche, nicht die Hauptmasse des Gewebes ausmachen.

Nicht allein bei den Knochen, sondern auch beim Bindegewebe und bei den Muskelfasern hat man diesen Wechsel zu wenig berücksichtigt.

Die Zähne und ihre Entwickelung.

Die Zähne bestehen wesentlich aus zwei Substanzen, aus der Substantia propria dentis, oder der Substantia eburnea, und aus dem sehr harten Schmelze, der Substantia adamantina. Wenn man einen Zahnschliff unter das Mikroskop bringt, so sieht man von der centralen Höhle des Zahnes, in welcher der Rest des Zahnkeims liegt, zahlreiche Röhren, die gegen die Peripherie hin verlaufen, sich verzweigen, und zahlreiche Anastomosen mit einander eingehen. Dies sind die Röhren der Substantia eburnea. Auf dem Querschnitte sieht man diese Röhren von einem Hofe umgeben, der je nach dem Einstellen heller oder dunkler wird und davon herzurühren scheint, dass die Substanz, welche zunächst um diesen Röhren liegt, das Licht etwas anders bricht, als die übrige, vielleicht aber auch seinen Grund nur in der Zurückwerfung des Lichtes an den Wänden der Zahnröhrchen hat. Aus dieser Substantia eburnea besteht die Zahnkrone und auch die Wurzel. In ihr finden sich gegen die Oberfläche des Zahnes hin eigenthümliche kugelförmige Figuren mit Zwischenräumen, die man mit dem Namen der Interglobularräume bezeichnet hat, und die in neuerer Zeit von Czermak beschrieben worden sind, ohne dass man bis jetzt den Ursprung dieser Figuren mit Sicherheit kennt.

Der Schmelz des Zahnes besteht aus lauter prismatischen Stücken, die partienweise parallel neben einander liegen, dann aber wieder partienweise gegen einander verschoben sind, so dass sie miteinander sehr spitze Winkel machen. Die einzelnen Schmelzprismen sind nicht ganz gerade und glatt, sondern haben kleine Einbiegungen, in Folge welcher sie bei starken Vergrösserungen unter dem Mikroskope quergestreift erscheinen.

Ebur und Schmelz verdanken ihre Festigkeit der Einlagerung von denselben anorganischen Substanzen, die wir bei den Knochen als Verknöcherungsmasse kennen gelernt haben, und sie betragen beim Schmelz neun Zehntheile seines Gewichtes, während sie beim Knochen im Durchschnitt nur etwas über drei Fünftheile ausmachen. Der Schmelz ist so hart, dass eine gute englische Feile sich in kurzer Zeit auf demselben abstumpft. Zu diesen beiden Substanzen des Zahnes kommt bei den bleibenden Zähnen noch eine dritte hinzu, welche sich secundär auf der Wurzel auflagert, und diese ist die Substantia ossea. Sie ist wahrer secundärer Knochen, der sich von der Beinhaut der Zahnwurzel aus auf der letzteren ablagert, ganz in derselben Weise, wie sich aus den Zellen, die sich unter der Beinhaut der Diaphyse eines Röhrenknochens bilden, auf eben dieser Diaphyse neue Schichten bilden. Die Substantia ossea des Zahnes unterscheidet sich von anderem secundärem Knochen nur dadurch, dass sie im Allgemeinen sehr dicht ist, mehr das Gefüge und die Dichtigkeit von sclerosirtem Knochen hat, zweitens, dass die einzelnen Knochenkörperchen noch unregelmässiger gestaltet sind, als beim gewöhnlichen secundären Knochen, und drittens dadurch, dass sie unregelmässiger gelagert sind.

Die Entwickelung der Zähne beginnt beim menschlichen Embryo mit dem Ende des zweiten Monates. Da zeigt es sich zuerst, dass im gefässreichen Theile des Kiefers der äussere und der innere Rand stärker wächst, als die mittlere Partie. Dadurch entsteht eine Rinne. Da aber der Boden derselben mit dem Epithel in Contact bleibt, so wird hiedurch

ein leistenförmiger Epithelialfortsatz in die Tiefe gezogen, ganz in derselben Weise, wie wir das Haar und die Schweissdrüsen nicht dadurch haben entstehen sehen, dass das Hornblatt in die Tiefe hineinwucherte, sondern umgekehrt dadurch, dass bestimmte Stellen der Cutis im Wachsthume zurückblieben, und deshalb Epithelialpartien, die ursprünglich an der Oberfläche lagen, immer mehr in die Tiefe gerückt wurden. Die Epithelleiste, die auf diese Weise in die Tiefe gezogen wird, bildet den sogenannten Schmelzkeim. Später wächst nun der Kiefer weiter aus, und es wird auch die Rinne, in der dieser leistenförmige Fortsatz liegt, in ihren tieferen Theilen geräumiger. In diesen tieferen Theilen wuchern nun die Epithelialzellen, so dass der Schmelzkeim sich in seiner unteren Partie sehr bedeutend erweitert, während er gegen die Oberfläche hin durch das Gegeneinanderwachsen der Kieferränder eingeschnürt, verdünnt wird. Zu dieser Zeit wachsen vom Boden der ursprünglichen Rinne des Kiefers Zapfen hervor, Fortsätze, welche nichts anderes sind, als die Zahnkeime. Diese stülpen den Boden des Schmelzkeimes ein, und zugleich wachsen zwischen den Zahnkeimen Scheidewände in die Höhe, welche dieselben nun von einander trennen und im Hinaufwachsen auch den Schmelzkeim in einzelne Stücke zerschneiden. Auf diese Weise sind also die Zellen für die einzelnen Zahnkeime gebildet, und jeder Zahnkeim hat nun seinen Antheil an dem Schmelzkeim in Gestalt einer Kappe, welche auf seiner Oberfläche aufliegt. Dann schnürt sich der Hals des Schmelzkeimes vollständig ab, und der Schmelzkeim besteht jetzt für jeden einzelnen Zahn aus einer Epithelpartie, welche in die Tiefe des Kiefers hineingezogen worden ist und wie eine Kappe auf dem Zahnkeime aufliegt.

Der ganze zukünftige Zahn bildet sich zwischen Zahnkeim und Schmelzkeim auf folgende Weise. Der Schmelzkeim hat eine periphere Schicht von Epithelzellen, die cylindrisch sind, indem sie der tiefsten Schichte des Pflasterepithels entsprechen. Man fängt von dieser Zeit an zu unterscheiden dasjenige Epithel des Schmelzkeimes, welches auf dem Zahnkeime aufliegt, das nennt man das innere Epithel, und dasjenige Epithel, das vom Zahnkeime abgewendet ist, das nennt man das äussere Epithel. Von der Masse nun, die dazwischen liegt, wachsen die mittleren der Zellen sternförmig aus und werden dabei im hohen Grade succulent, und auch zwischen den Zellen lagert sich Flüssigkeit ab, während die Zellen selbst mit ihren Fortsätzen untereinander in Verbindung treten, so dass der äussere Anschein von einem Schleimgewebe entsteht. Von dem Schleimgewebe des Bindegewebes ist aber dieses Gebilde ganz verschieden, weil man es eben nur mit metamorphosirten Epithelialzellen, nicht aber mit einer Bindegewebsbildung zu thun hat. Nun wachsen die Cylinderzellen noch mehr in die Länge und fangen an, an ihrem dem Zahnkeime zugewendeten und auf dem Zahnkeime aufliegenden Ende zu verknöchern, zu verkalken. Dabei wachsen sie immer weiter in die Länge und eine immer weitere Strecke von ihnen verknöchert. Sie sehen ein, dass auf diese Weise prismatische Stücke einer harten, verknöcherten Substanz gebildet werden, die eben die Schmelzprismen sind.

Der Schmelz ist also das verkalkte innere Epithelium des Schmelzorgans. Er konnte eine solche Dicke erlangen, weil während des Verkalkungsprocesses der noch weich gebliebene Theil jeder Cylinderzelle

noch weiter in die Länge wuchs und so den Kalksalzen noch immer neue organische Grundlage darbot.

Andererseits fangen die oberflächlichsten Zellen des Zahnkeimes, der, wie wir gesehen haben, von unten her in das Schmelzorgan hineingewachsen ist, an, Fortsätze zu bekommen, die sich gegen die Peripherie strecken und sich verzweigen. Um diese Fortsätze herum bildet sich Knochensubstanz: oder vielleicht, richtiger gesagt, diese Fortsätze selbst wandeln sich in eine Substanz um, welche verknöchert, so dass aber immer ein Axentheil übrig bleibt, der nicht verknöchert. Diese Zellen nennt man die Odontoblasten, die verknöcherte Masse ist die Masse des Zahnbeins, und die nicht verknöchernden Axentheile dieser Fortsätze entsprechen den späteren Zahnkanälchen, in welchen also die Reste der Fortsätze stecken. Nun denken Sie sich, dass sämmtliche Fortsätze weiter wachsen und der Verknöcherungsprocess weiter fortschreitet, so wird dadurch eine immer dicker werdende Schicht von Zahnsubstanz gebildet, die unmittelbar mit dem sich bildenden Schmelze verbunden, verlöthet ist. Diese verknöcherte Substanz sitzt dem weichen Zahnkeime zuerst wie eine Scheibe, dann wie ein kleines Hütchen auf, indem die Formen der späteren Zahnkrone sich immer mehr vervollständigen und zwar sogleich in ihren späteren Dimensionen, indem dieselbe von der Spitze gegen die Basis hin aufgebaut wird.

Man muss hier zweierlei Wachsthum des Ebur unterscheiden, Wachsthum in die Dicke und Wachsthum am unteren scharfen Rande. Beim Wachsthum in die Dicke müssen die bildenden Zellen, die Odontoblasten, immer weiter zurückrücken, indem ihre wachsenden Fortsätze, so wie sie gebildet werden, auch durch den Verknöcherungsprocess einbezogen werden in das sich neu bildende Ebur, ähnlich wie an den Schmelzzellen der Verknöcherungsprocess in umgekehrter Richtung weiter vor sich geht. Es wird auch angegeben, dass mehrere dieser Odontoblasten durch ihre Fortsätze mit einander in Verbindung stehen, und dass, wenn bei der fortschreitenden Verknöcherung die eine Zelle ganz aufgezehrt wird, sie dann bei der Arbeit des Aufbaues des Zahnes von der nächsten Zelle abgelöst wird, die nun den von ihr angelegten Zahnkanal weiter baut. Das Wachsthum am scharfen Rande des Ebur geschieht dadurch, dass sich hier neue Odontoblasten in Thätigkeit setzen und mittelst ihrer Fortsätze neues Zahnbein und neue Zahnröhren anlegen, somit die ähnliche Arbeit wie ihre Vorgänger aufnehmen und nach und nach die ganze Zahnkrone aufbauen. Erst, wenn die ganze Zahnkrone in ihrer äusseren Form aufgebaut ist, bildet sich die Wurzel der Zähne von demselben Zahnkeime aus und in ganz analoger Weise, indem an der Basis der Zahnkrone, am scharfen Rande des Ebur sich neue Odontoblasten bilden, und neue Zahnkanäle und neues Zahnbein sich anlegen, bis endlich auch die ganze Zahnwurzel fertig ist. Ja es ist der Zahn noch keineswegs fertig in seiner Wurzel, wenn er bereits an der Oberfläche durchbricht, indem dann noch gar nicht der Raum im Kiefer gegeben ist, um die ganze Wurzel zu beherbergen.

Zahnwechsel.

Für den Zahnwechsel wird schon in frühester Zeit vorgesorgt. Bereits von den ursprünglichen Schmelzkeimen sondert sich bei jedem einzelnen

Zahnkeime eine kleine Partie von Epithelialzellen ab, welche einen accessorischen Keim bildet, der ursprünglich neben dem sich entwickelnden Milchzahne liegt. Später, wenn der Kiefer wächst und der Milchzahn herauswächst, so wird dieser zweite Keim immer mehr nach abwärts gezogen und liegt zuletzt ganz in der Tiefe neben dem entwickelten Zahne. Zur Zeit aber, wo sich der Zahnwechsel vorbereitet, gehen in diesem accessorischen Keime dieselben Veränderungen vor, wie sie früher im Keime des Milchzahnes vorgegangen sind. Die Epithelzellen fangen an zu wuchern, es bildet sich aus ihnen das Schmelzorgan, und es wächst von unten her eine Zahnpapille hinein, kurz es wiederholt sich Alles, was wir beim Milchzahne beobachtet haben. Während sich nun die neue Zahnkrone anlegt und wächst, übt sie einen Druck auf die Wurzel des Milchzahnes aus und macht diese dadurch atrophisch. Nach Kölliker bilden sich auch hiebei seine Osteoklasten, hier Odontoklasten, die die Wurzel des Milchzahnes nach und nach zerstören. Auf diese Weise rückt der bleibende Zahn dem Milchzahne nach, derselbe wird endlich dadurch, dass seine Wurzel resorbirt wird, locker, fällt aus, und der neue tritt an seine Stelle. Wenn der bleibende Zahn sich nicht unter dem Milchzahne entwickelt, sondern schief neben ihm, so geschieht es, dass die Wurzel nicht atrophirt, woraus man sieht, dass der Druck, den der nachwachsende Zahn ausübt, einen wesentlichen Antheil an dem Atrophiren der Wurzel hat. Es wächst dann der neue Zahn neben dem Milchzahne heraus, und dieser muss gewaltsam entfernt werden, damit der neue Zahn in seine richtige Stellung einrücken kann.

Zeiten des Hervorbrechens der Zähne.

Man muss zwei Dentitionsperioden unterscheiden. Die erste Dentitionsperiode rechnet nach Monaten und umfasst das Hervorbrechen der Milchzähne. Der erste Schneidezahn bricht hervor zwischen dem 7. bis 9. Monate, der zweite Schneidezahn zwischen dem 8. bis 10. Monate, der Eckzahn im 18. bis 20. Monate. Der erste Milchbackenzahn zwischen dem 13. bis 15. Monate, der zweite Milchbackenzahn zwischen dem 23. bis 25. Monate.

Der erste bleibende Backenzahn entsteht zwischen dem 7. und 8. Lebensjahre. Im 8. oder 9. Jahre fallen die Schneidezähne aus und werden durch neue ersetzt. Im 10. fallen die Milchbackenzähne weg und werden durch neue ersetzt. Im 11. Lebensjahre fällt der Eckzahn aus und wird durch einen neuen ersetzt. Im 12. Lebensjahre endlich beendigt sich diese Zahnungsperiode mit dem Hervortreten des zweiten grossen Backenzahnes. Dann folgt nur noch der sogenannte Weisheitszahn, der keine bestimmte Zeit einhält, aber gewöhnlich zwischen dem 16. und 25. Lebensjahre hervorbricht.

In der folgenden Tabelle sind in der ersten Columne die Zähne nach ihrer Stellung im Munde mit römischen Ziffern bezeichnet, so dass I den ersten Schneidezahn, VIII den Weisheitszahn bezeichnet. Columne zwei zeigt in arabischen Ziffern den Monat an, in dem der Milchzahn, von der Geburt an gerechnet, hervorbricht. Columne drei zeigt in arabischen Ziffern das Lebensjahr an, in dem der bleibende Zahn hervorbricht.

Zahnungstabelle.

Zahn	Erste Dentitionsperiode in Monaten	Zweite Dentitionsperiode in Jahren
I	7—9	8—9
II	8—10	8—9
III	18—20	11
IV	13—15	10
V	23—25	10
VI		7—8
VII		12
VIII		16—25

Wiederholter Zahnwechsel ist mehrmals beobachtet worden, zum Theil noch in hohem Alter, aber er ist im Allgemeinen sehr selten.

Entwickelung der Elemente des Nervensystems.

Bei der Entwickelung der Elemente des Nervensystems geht die Umwandlung von Embryonalzellen in Ganglienkugeln auf eine verhältnissmässig einfache Weise vor sich. Sie treiben Fortsätze, und diese sind dann eben die Fortsätze der Ganglienkugeln. Anfangs sind alle diese Zellen fortsatzlos. Ueber die Bildung der Nervenfasern weiss man nur, dass sie sämmtlich marklos angelegt werden. Da, wo später markhaltige Nervenfasern entstehen sollen, verlängern sich die Kerne der Embryonalzellen, und die ganzen Zellen strecken sich in die Länge, so dass man in einem gewissen Stadium täuschend den Anblick hat, als ob man es mit Zügen von glatten Muskelfasern zu thun hätte. Später entstehen hieraus Fasern, in deren Substanz diese Kerne noch eingelagert sind, und aus diesen Fasern entstehen dann in nicht näher bekannter Weise die markhaltigen Fasern mit ihren Axencylindern. Ob diese ganze Bildung dadurch zu Stande kommt, dass Reihen von Zellen, die der Länge nach ausgewachsen sind, mit einander verschmelzen, oder in wie weit sie dadurch zu Stande kommt, dass eine einzelne Zelle Sprossen treibt, der Spross wieder seinen eigenen Kern bildet und linear weitere ähnliche Sprossen forttreibt, ist nicht mit Sicherheit bekannt.

Entwickelung der Muskelfasern.

Etwas näher kennt man die Entwickelung der Muskelfasern im Embryo. Die Bildung der Herzmuskelfasern geht nach den Untersuchungen, die O'Leary im hiesigen Laboratorium vorgenommen hat, folgendermassen von statten. Man findet im Herzen von Schweineembryonen in einem gewissen Stadium spindelförmige Zellen, die in der Mitte einen etwas verlängerten Kern haben. In diesen spindelförmigen Zellen bilden sich zuerst an der Oberfläche Sarcous elements aus, die schon regelmässig in Längs- und Querreihen angeordnet sind, wie sie später im quergestreiften Muskel die Fibrillen einerseits und die Bowmann'schen Scheiben anderseits darstellen. Diese Umwandlung der ursprünglichen Zellsubstanz in eine gegliederte, aus Sarcous elements und einer isotropen Zwischen-

substanz bestehende Masse schreitet allmälig von aussen gegen das Innere vor. Im Innern bleibt aber ein spindelförmiges unmetamorphosirtes Stück, das aus dem Kerne mit etwas Protoplasma an seinen beiden Enden besteht. Das ist es, was man mit dem Namen eines Muskelkörperchens bezeichnet. Bei den Muskeln mancher anderer Thiere, z. B. in vielen Muskeln von Arthropoden, bleibt in der Axe der Muskelfaser durchlaufend eine solche kernhaltige Protoplasmamasse zurück, die nicht in eigentliche Muskelsubstanz umgewandelt wird, während die Muskelsubstanz den Mantel des Muskelcylinders bildet. Es muss übrigens bemerkt werden, dass das Herz sich bereits contrahirt zu einer Zeit, wo diese Metamorphose noch nicht vor sich gegangen ist, wo noch keine Spur von Sarcous elements im Herzen zu sehen ist, sondern wo das ganze Herzfleisch noch aus nackten Zellen besteht.

In ähnlicher Weise geht auch die Entwickelung der Skeletmuskeln von statten, nur dass bei den Säugethieren und beim Menschen das Protoplasma sich nicht rings um den Kern herum metamorphosirt, sondern seitlich von demselben, so dass der Kern nach aussen an der Scheide zu liegen kommt. Anfangs ist er häufig in die metamorphosirte Substanz eingebettet. Man findet platt, bandartig angelegte Skeletmuskeln, bei denen die Fibrillen auseinanderweichen und den Kern zwischen sich nehmen; beim weiteren Wachsthum in die Dicke aber kommt er excentrisch zu liegen und wird zuletzt gegen das Sarkolemma hin hinausgedrängt. Die Bildung der Fasern geht nach Einigen so von statten, dass mehrere Embryonalzellen miteinander zu einer verschmelzen und auf diese Weise eine Faser bilden, nach Andern so, dass eine Embryonalzelle eine Muskelfaser anlegt und sich immer weiter verlängert, dadurch, dass sie weiter auswächst, einen Spross bildet mit einem neuen Kern, wieder auswächst u. s. w., und das Protoplasma dieser ganzen Zellenfamilie, die sich auf diese Weise durch Sprossung der Länge nach vermehrt hat, sich schliesslich in quergestreifte Muskelsubstanz umwandelt. Es ist dies eine Controverse, deren Entscheidung deshalb grosse Schwierigkeiten macht, weil ja das Protoplasma der Embryonalzellen zu dieser Zeit so eng mit einander verbunden ist, dass man im lebenden Zustande die Grenzen gar nicht sieht, und sich erst nach dem Erhärten in Erhärtungsflüssigkeiten die einzelnen Zellengrenzen erkennen und die einzelnen Zellen von einander isoliren lassen. Erinnern Sie sich daran, dass beim Ureter dasselbe selbst im erwachsenen Thiere der Fall ist, so dass Engelmann fand, dass sich im lebenden Ureter die einzelnen contractilen Faserzellen nicht von einander unterscheiden liessen, sondern das ganze als eine contractile Masse erschien, in welcher Längskerne eingesprengt waren, und erst nach dem Tode sich die Substanz der einzelnen Faserzellen von einander trennte.

Auch in späterer Zeit, auch nach der Geburt, werden noch neue Muskelfasern gebildet. Budge hat durch Zählung und Messung nachgewiesen, dass die Muskeln nicht nur dadurch wachsen, dass die einzelnen Muskelfasern dicker werden, sondern dass wirklich im Extrauterinleben sich noch neue Muskelfasern nachbilden. Diese spätere Bildung von Muskelfasern scheint nicht immer in der Weise vor sich zu gehen, wie sie im Embryo vor sich gegangen. Es scheint noch eine andere Art der Bildung von Muskelfasern vorzukommen, die zuerst von Margo beobachtet wurde. Er gibt an, dass er eigenthümliche rundliche Zellen

beobachtet habe, die er mit dem Namen der Sarkoblasten bezeichnet. Diese Zellen hätten sich, nachdem sie bis zu einer beträchtlichen Grösse herangewachsen, in mehrere wurstförmige Stücke getheilt. Diese hätten Querstreifen bekommen, und jeder derselben sei nun in eine Muskelfaser ausgewachsen. Diese sogenannten Sarkoblasten fand Margo nesterweise in Spalträumen zwischen den schon fertigen Muskelfasern eingeschlossen, von wo aus sie dann das weitere Wachsthum des Muskels, die Zunahme der Anzahl von Fasern seiner Ansicht nach bewirkten. Ich muss erwähnen, dass bei den Sehnen etwas Aehnliches vorkommt, dass bei diesen auch in Spalträumen Nester von Bindegewebskeimen, von Zellen vorkommen, aus denen später wieder fibröse Fasern hervorgehen.

Entwickelung der elastischen Fasern.

Ueber die Entwickelung des elastischen Gewebes ist nichts Sicheres bekannt. Man weiss nur, dass da, wo sich später elastische Fasern bilden, anfangs immer eine bindegewebige Anlage vorhanden ist. In dieser erscheinen erst ganz feine Fasern, die dann immer dicker und dicker werden und endlich ein compactes elastisches Fasernetz darstellen, ohne dass man sich davon Rechenschaft geben könnte, wie denn eigentlich diese Fasern entstanden sind.

Entwickelung der Linse.

Die Linse entsteht, wie wir gesehen haben, aus einem Haufen von Zellen des Hornblattes. Die Zellen in diesem Haufen, welche der Oberhaut, der nachherigen Hornhaut, zugewendet sind, behalten ihre Gestalt; die von ihr abgewendeten wachsen cylindrisch aus und richten sich dabei senkrecht, etwas divergirend, gegen die Hornhaut, so dass es ein Stadium gibt, wo die Linse im mikroskopischen Durchschnitte das Bild eines Körbchens gibt, dessen Stangen die cylindrisch ausgewachsenen Zellen der hinteren (inneren) Hälfte des Zellenhaufens sind. Diese cylindrisch ausgewachsenen Zellen sind die Anlage der ersten Linsenfasern. Sie bilden die Fasern des Linsenkernes. Die vorderen (äusseren) Zellen, die ihre Gestalt behalten haben, sind Anlage des Epithels, welches die vordere Wand der sich erst später bildenden Kapsel an ihrer inneren Seite bekleidet. Wir wollen sie schon jetzt Kapselepithelzellen nennen. An der Peripherie, in der Gegend des grössten Kreises der Linsenanlage entstehen nun immer neue Zellen und zwar vom Kapselepithel aus. Diese dienen theils dazu, das Kapselepithel an seiner Peripherie weiter zu bauen, theils wachsen sie zu Linsenfasern aus, die sich an die ursprünglichen äusserlich anlegen und sie dann umwachsen und auf diese Weise immer neue Faserschichten bilden. Die Linse wächst also durch fortwährende Auflagerung von neuen Faserschichten, und die Fasern entstehen sämmtlich am Rande, in der Gegend des grössten Kreises der Linse, von wo aus sie sich beim weiteren Wachsen über die vordere und hintere Oberfläche ausbreiten und sich dem früher entworfenen Schema (S. 134) entsprechend dem Pole bald mehr, bald weniger nähern.

Wenn man eine Linse in der Richtung der Achse durchschneidet, so findet man, wie von Becker gezeigt hat, eine Zone von Kernen, welche sich vom grössten Kreise der Linse gegen die Mitte hin erstreckt. Diese Zone enthält die Kerne der Linsenfasern, die sich hier entwickelt haben.

Fig. 99 zeigt einen Schnitt vom Rande einer Kalbslinse nach von Becker. Die Striche deuten den Verlauf der Fasern an. Bei *z* beginnt die Kernzone und erstreckt sich von da ins Innere. Weiter nach innen zerstreuen sich die Kerne, weil sie beim Wachsen der Linsenfasern nach verschiedenen Orten verschoben sind.

Fig. 98 zeigt die Region bei *z* in stärkerer Vergrösserung, um zu zeigen, wie die Kernzone *z z*, eine Fortsetzung der Kernreihe des Kapselepithels *(e e)* bildet.

Wenn die Linse eine gewisse Grösse erreicht hat, wird die Anlage der Linsenkapsel sichtbar. Es erscheinen zuerst Zellen, welche die ganze Linse und auch die vordere Zellenschicht umgeben: sie sind so mit einander verschmolzen, dass man ihre Grenzen nur undeutlich wahrnimmt, selbst nachdem sie erhärtet sind. Doch nach der Lagerung der Kerne sieht man, dass man es mit einer einfachen Zellenschicht zu thun hat.

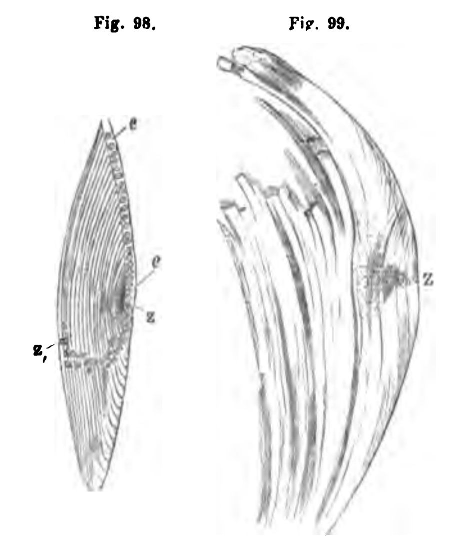


Fig. 98. Fig. 99.

Der Ursprung dieser Zellen ist nicht bekannt, und ebenso wenig die Art, wie sie sich vermehren. Dass sie dies thun, ist sehr wahrscheinlich, da die Linse zu dieser Zeit noch verhältnissmässig klein ist, und also auch die Kapsel noch bedeutend wachsen muss.

Die Lage dieser Zellen unmittelbar auf der Linsensubstanz und die eigenthümliche gleichmässige Durchsichtigkeit dieser Schichte charakterisirt sie als Anlage der gefässlosen, der eigentlichen bleibenden Linsenkapsel, nicht der erst später nach aussen von ihr erscheinenden gefässreichen Kapsel.

Entwickelung der Blutgefässe.

Von den Blutgefässen kennen wir zweierlei Art der Entwickelung, erstens die Art, in der sie sich zu allererst im Fruchthofe entwickeln, und zweitens die Art, in der sie sich weiter im Embryo entwickeln, wenn derselbe wächst und bereits ein Gefässsystem vorhanden ist. Im Fruchthofe bilden sie sich einfach durch Differencirung, dadurch, dass sich Gruppen von Zellen bilden, welche in Blutkörperchen umgewandelt werden und die Zellen, welche zunächst um sie herumliegen, mit einander verwachsen und so die Wandungen von Räumen bilden, in welchen nun

diese Blutkörperchen liegen, und in welchen sie vom Herzen aus in Bewegung gesetzt werden. Ganz anders ist die spätere Neubildung von Blutgefässen, die Neubildung von Capillaren und von Blutgefässen überhaupt, denn alle Gefässe werden später als Capillargefässe angelegt, und Arterien und Venen bilden sich dann nur noch durch Erweiterung, durch Wachsthum von Capillaren.

Die Bildung der Capillaren besteht dann darin, dass von der Wand der Gefässe sich Protoplasmafortsätze — die Gefässwand selbst besteht ja aus Protoplasma — hinausschieben. Diese Fortsätze spannen, einander begegnend, Brücken von einem Gefässe zum andern, theils gerade, theils bogenförmige. Sie sind anfangs solid, später aber werden sie hohl, indem vom Gefässlumen sich eine trichterförmige Lichtung hineinzieht, die weiter und weiter fortschreitet, gewöhnlich von beiden Seiten zugleich, bis sich die ganze Brücke in einen hohlen Protoplasmaschlauch verwandelt hat. Die Lichtung erweitert sich, und die Blutkörperchen strömen hindurch. Die Capillargefässe geben dann, wie gesagt, wieder die Grundlage zur Bildung von grösseren Gefässen, von Arterien und Venen u. s. f. Auf welche Weise die spätere Differencirung der Wände zu Stande kommt, wenn diese Capillargefässe in grössere Gefässe umgewandelt werden, auf welche Weise sich die Epithelien bilden und die verschiedenen Schichten der Gefässwand, ist bis jetzt nicht mit Sicherheit bekannt.

SCHLUSS.

Wien, im Juli 1875.

Druck von Adolf Holzhausen in Wien
k. k. Universitäts-Buchdruckerei.









